

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

(2/2)
JC971 U.S. PTO
10/083578
02/27/02

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日
Date of Application: 2001年10月30日

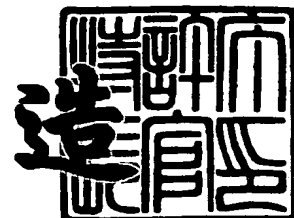
出 願 番 号
Application Number: 特願2001-332290
[ST.10/C]: [JP2001-332290]

出 願 人
Applicant(s): オリンパス光学工業株式会社

2002年 2月15日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造



Inventor: TOGINO
Filing Date: February 27, 2002
Attorney Docket: 290690

出証番号 出証特2002-3003879

【書類名】 特許願
【整理番号】 01P02379
【提出日】 平成13年10月30日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02B 15/00
【発明者】
 【住所又は居所】 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
 オリンパス光学工業株式会社内
 【氏名】 研野 孝吉
【特許出願人】
 【識別番号】 000000376
 【氏名又は名称】 オリンパス光学工業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100097777
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 荏澤 弘
【選任した代理人】
 【識別番号】 100088041
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 阿部龍吉
【選任した代理人】
 【識別番号】 100092495
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 蛭川昌信
【選任した代理人】
 【識別番号】 100092509
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 白井博樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100095120

【弁理士】

【氏名又は名称】 内田 亘彦

【選任した代理人】

【識別番号】 100095980

【弁理士】

【氏名又は名称】 菅井 英雄

【選任した代理人】

【識別番号】 100094787

【弁理士】

【氏名又は名称】 青木 健二

【選任した代理人】

【識別番号】 100091971

【弁理士】

【氏名又は名称】 米澤 明

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2001- 56473

【出願日】 平成13年 3月 1日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014960

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9102411

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 光学系

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光学系を変形することによって光軸を屈曲させることにより、光学系の近軸量を変化させることを特徴とする光学系。

【請求項 2】 少なくとも 2 つの光学素子から構成される結像光学系において、前記少なくとも 2 つの光学素子を互いに偏心させることにより光学系の特性を変化させることを特徴とする光学系。

【請求項 3】 物体側に配置されて 1 次像を形成する第 1 光学素子と、前記 1 次像を像面に投影する第 2 光学素子とから構成され、前記 1 次像近傍を回転中心として前記第 2 光学素子を回転偏心することを特徴とする請求項 2 記載の光学系。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、光学系に関するものであり、特に変倍とフォーカス機構を持っている撮像光学系等に使用する光学系に関するものである。

【0002】

【従来の技術】

自由曲面プリズムで変倍撮像光学系を構成するものとして、特開平 8-292372 号、特開平 11-317894 号、特開平 11-317895 号等のもものが知られている。

【0003】

しかし、特開平 8-292372 号のものは、複数のプリズムを移動させることにより変倍する構成のため、プリズムの移動空間を予め装置内に確保しておく必要があり、装置の大型化を招くことになる。また、プリズムを正確に直線移動させるための機構に精度が要求されるために、構造が複雑になりコストアップと組み立ての大きな妨げとなる。

【0004】

同様に、特開平 1 1 - 3 1 7 8 9 4 号、特開平 1 1 - 3 1 7 8 9 5 号の変倍機構は、透過レンズ光学素子を移動するために、構造が複雑になる問題は同じである。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

このように、上記の従来技術では、光学素子を移動する空間的スペースを予め確保する必要があり、無駄なスペースを確保する必要があり、小型の変倍光学系を構成することは不可能であった。また、この光学素子自体により収差が発生する問題があり、光学的パラメータを大きく変化させるために使用することはできなかった。

【 0 0 0 6 】

また、一般的な変倍やフォーカス調整は、光学系の中のいくつかの光学素子を光軸方向に移動させて行うのが一般的である。しかし、この方法の欠点として、光学素子を光軸に完全に平行に移動させることが難しく、光学素子が傾いたり、偏心することにより像の劣化が起き、特に、小型撮像素子の変倍光学系を構成することは移動精度が非常に厳しくなり、不可能であった。

【 0 0 0 7 】

本発明は従来技術のこのような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、光学系を曲げて光学系内を通過する光束を移動させることにより光学系の任意の部分を選択的に利用する、簡単な構成で、焦点距離の調整、結像位置の調整等を可能とした光学系を提供することである。

【 0 0 0 8 】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成する本発明の光学系は、光学系を変形することによって光軸を屈曲させることにより、光学系の近軸量を変化させることを特徴とするものである。

【 0 0 0 9 】

また、本発明のもう 1 つの光学系は、少なくとも 2 つの光学素子から構成される結像光学系において、前記少なくとも 2 つの光学素子を互いに偏心させること

により光学系の特性を変化させることを特徴とするものである。

【 0 0 1 0 】

この場合、物体側に配置されて 1 次像を形成する第 1 光学素子と、1 次像を像面に投影する第 2 光学素子とから構成され、1 次像近傍を回転中心として第 2 光学素子を回転偏心することができる。

【 0 0 1 1 】

また、第 1 光学素子又は第 2 光学素子は少なくとも 1 つの回転非対称な面を有する光学素子からなるようにすることができる。

【 0 0 1 2 】

また、その少なくとも 1 つの回転非対称な面は連続な面にすることができる。

【 0 0 1 3 】

また、第 1 光学素子に対して第 2 光学素子を回転偏心することにより焦点距離、結像位置（フォーカス）、結像倍率、主点位置の少なくとも何れか 1 つを変化させることができる。

【 0 0 1 4 】

また、回転非対称な自由曲面で構成した 2 つの光学素子から構成されており、物体側に配置され 1 次像を形成する第 1 光学素子と、その 1 次像を投影する第 2 光学素子とから構成され、1 次像近傍を第 2 光学素子の回転中心として、第 2 光学素子を偏心させることにより第 2 光学素子に入射する光束を第 2 光学素子の中で任意に選択した部分で反射、屈曲させることにより第 2 光学素子で変倍を行い、第 2 光学素子の回転振り角 θ が、

$$0^{\circ} < \theta < 90^{\circ} \quad \dots (1)$$

なる条件式を満足するようにすることが望ましい。

【 0 0 1 5 】

まが、全系の偏心方向が Y 軸方向で、軸上主光線と平行な面を Y-Z 面とし、その Y-Z 面と直交する方向を X 方向とすると、全系の X 方向、Y 方向の焦点距離をそれぞれ F_x 、 F_y とすると、

$$0.5 < |F_y / F_x| < 2 \quad \dots (2)$$

なる条件式を満足することが望ましい。

【 0 0 1 6 】

以下、本発明において上記構成をとった理由と作用について説明する。

【 0 0 1 7 】

図 1 は、球面収差、像面湾曲、非点収差、歪曲収差、軸上色収差及び倍率色収差が略補正されていて、コマ収差が大きく発生している光学素子 S の子午切断面内での光線の様子を模式的に示す図である。コマ収差が大きく発生しているので、物体 O から出た画角の異なる光線①、②、③は像面 I 上の入射位置が異なる。したがって、この光学系 S の開口の位置を P_1 、 P_2 、 P_3 と光軸（光軸は、入射瞳の中心を通り、像面中心に達する軸上主光線で定義されるが、ここで言う光軸は各開口 P_1 、 P_2 、 P_3 の中心を通り、像面中心に達する軸上主光線とする。）と略垂直方向に移動させると、光学系 S を通る光線が①、②、③と通過位置及び角度が変化し、各々像面 I 上の異なる高さ H_1 、 H_2 、 H_3 に入射するので、物体 O の像面 I 上の結像倍率は各々異なることになる。各開口を光軸と略垂直方向に移動させることにより変倍できることになる。同じ原理で、結像位置、主点位置も瞳位置を光軸に略垂直方向に移動させることにより調節できる。なお、開口位置の移動方向は紙面にも垂直に移動可能なので、紙面内の移動で例えば変倍を、紙面に垂直な方向の移動で例えばフォーカシングを行わせることが可能である。

【 0 0 1 8 】

また、例えば、図 2 (a) に示すように、少なくとも 2 つの光学素子 S_1 、 S_2 を有する光学系を、図 2 (b) に示すように、互いに偏心すると、第 1 光学素子 S_1 の物体側に配置された開口 A は、第 1 光学素子 S_1 により、第 2 光学素子近傍に開口像 A' として投影される。そこで、第 1 光学素子 S_1 と第 2 光学素子 S_2 が相対的に変形（偏心）すると、第 1 光学素子 S_1 により投影された開口 A の投影像 A' は第 2 光学素子 S_2 に対して移動することになる。一方、第 2 光学素子 S_2 は、少なくとも 1 つの回転非対称な光学面を持って構成され、その光学面の任意の部分でパワーの異なる光学素子を構成することが可能となる。このような光学素子を少なくとも 1 つ使用し、少なくとも 2 つの光学素子の相対的な位置を移動させ光軸を屈曲させることにより、焦点距離、結像位置、結像倍率、主

点位置等の少なくとも1つの近軸量を変化することができる。

【0019】

さらに好ましくは、回転非対称な光学面は連続的であれば、上記光学量を連続的に変化させることが可能であり、回転非対称な光学面が不連続であれば、上記光学量も不連続に変化できることは言うまでもない。

【0020】

さらに好ましくは、図2では、第1光学素子 S_1 を1次像 I' を形成する結像光学素子とし、第2光学素子 S_2 を投影倍率可変の光学素子として構成されているが、これとは逆に、第1光学素子 S_1 を焦点距離可変光学素子として1次像 I' の大きさを可変にして、この1次像 I' を第2光学素子 S_2 により同じ倍率で像面 I に投影する構成も可能である。さらに、両方の群をそれぞれ変化させる構成をとることも可能である。

【0021】

また、図2の場合は、第1光学素子 S_1 を固定して第2光学素子 S_2 を偏心させているが、逆でも可能であり、本発明は相対的に偏心させることが重要である。

【0022】

さらに好ましくは、第2光学素子 S_2 を1次像 I' 近傍を中心として回転させることにより、像面 I を第2光学素子 S_2 と一緒に回転させることができ、構造が簡略化することが可能となり、好ましい。

【0023】

さらに好ましくは、1次像 I' を中心として回転しなくてもよく、像位置が移動した場合は移動した像位置に合わせて、撮像素子あるいは写真フィルム等を移動させて像中心を補正することも可能である。

【0024】

また、図2では、1次像 I' が第1光学素子 S_1 と第2光学素子 S_2 の間に配置されているが、第1光学素子 S_1 と第2光学素子 S_2 の間でなく任意の位置にすることも可能であり、その場合も、第1光学素子 S_1 により形成される1次像 I' を中心として第2群を回転配置することが重要である。

【0025】

さらに、1次像I'が無限遠の場合は、第2光学素子 S_2 を平行移動させることが好ましい。

【0026】

さらに好ましくは、偏心は3次元的に行うことも可能であり、1平面内の偏心で変倍を行い、これと直交する面内での偏心でファークスを行うことも可能である。

【0027】

さらに、以上の説明では、便宜的に第1光学素子 S_1 と第2光学素子 S_2 と分けて説明したが、作用が同じであれば、第1光学素子 S_1 と第2光学素子 S_2 を透明弾性体で一体化する構成も可能であることは言うまでもない。

【0028】

なお、以上のように、第1光学素子 S_1 と第2光学素子 S_2 の相対的に変形（偏心）により焦点距離、結像位置、結像倍率、主点位置の少なくとも何れか1つを調節できる光学素子、光学系としては、例えば、後記の実施例のように、少なくとも1つの連続の回転非対称面を備えた屈折光学系、反射光学系、反射屈折光学系において可能である。

【0029】

ここで、回転非対称面として、本発明では代表的に自由曲面を使用するが、自由曲面とは以下の式で定義されるものである。この定義式のZ軸が自由曲面の軸となる。

【0030】

$$Z = c r^2 / [1 + \sqrt{\{1 - (1+k) c^2 r^2\}}] + \sum_{j=2}^{66} C_j X^m Y^n \dots (a)$$

ここで、(a)式の第1項は球面項、第2項は自由曲面項である。

【0031】

球面項中、

c : 頂点の曲率

k : コーニック定数 (円錐定数)

$$r = \sqrt{(X^2 + Y^2)}$$

である。

【0032】

自由曲面項は、

66

$$\sum_{j=2} C_j X^m Y^n$$

$$\begin{aligned} &= C_2 X + C_3 Y \\ &+ C_4 X^2 + C_5 XY + C_6 Y^2 \\ &+ C_7 X^3 + C_8 X^2 Y + C_9 XY^2 + C_{10} Y^3 \\ &+ C_{11} X^4 + C_{12} X^3 Y + C_{13} X^2 Y^2 + C_{14} XY^3 + C_{15} Y^4 \\ &+ C_{16} X^5 + C_{17} X^4 Y + C_{18} X^3 Y^2 + C_{19} X^2 Y^3 + C_{20} XY^4 \\ &\quad + C_{21} Y^5 \\ &+ C_{22} X^6 + C_{23} X^5 Y + C_{24} X^4 Y^2 + C_{25} X^3 Y^3 + C_{26} X^2 Y^4 \\ &\quad + C_{27} XY^5 + C_{28} Y^6 \\ &+ C_{29} X^7 + C_{30} X^6 Y + C_{31} X^5 Y^2 + C_{32} X^4 Y^3 + C_{33} X^3 Y^4 \\ &\quad + C_{34} X^2 Y^5 + C_{35} XY^6 + C_{36} Y^7 \\ &\quad \dots \end{aligned}$$

ただし、 C_j (j は 2 以上の整数) は係数である。

【0033】

上記自由曲面は、一般的には、 $X-Z$ 面、 $Y-Z$ 面共に対称面を持つことは無いが、 X の奇数次項を全て 0 にすることによって、 $Y-Z$ 面と平行な対称面が 1 つだけ存在する自由曲面となる。また、 Y の奇数次項を全て 0 にすることによって、 $X-Z$ 面と平行な対称面が 1 つだけ存在する自由曲面となる。

【0034】

また、上記の回転非対称な曲面形状の面である自由曲面の他の定義式として、Zernike 多項式により定義できる。この面の形状は以下の式 (b) により

定義する。その定義式 (b) の Z 軸が Z e r n i k e 多項式の軸となる。回転非対称面の定義は、X-Y 面に対する Z の軸の高さの極座標で定義され、R は X-Y 面内の Z 軸からの距離、A は Z 軸回りの方位角で、X 軸から測った回転角で表せられる。

【 0 0 3 5 】

$$x = R \times \cos(A)$$

$$y = R \times \sin(A)$$

$$Z = D_2$$

$$+ D_3 R \cos(A) + D_4 R \sin(A)$$

$$+ D_5 R^2 \cos(2A) + D_6 (R^2 - 1) + D_7 R^2 \sin(2A)$$

$$+ D_8 R^3 \cos(3A) + D_9 (3 R^3 - 2 R) \cos(A)$$

$$+ D_{10} (3 R^3 - 2 R) \sin(A) + D_{11} R^3 \sin(3A)$$

$$+ D_{12} R^4 \cos(4A) + D_{13} (4 R^4 - 3 R^2) \cos(2A)$$

$$+ D_{14} (6 R^4 - 6 R^2 + 1) + D_{15} (4 R^4 - 3 R^2) \sin(2A)$$

$$+ D_{16} R^4 \sin(4A)$$

$$+ D_{17} R^5 \cos(5A) + D_{18} (5 R^5 - 4 R^3) \cos(3A)$$

$$+ D_{19} (10 R^5 - 12 R^3 + 3 R) \cos(A)$$

$$+ D_{20} (10 R^5 - 12 R^3 + 3 R) \sin(A)$$

$$+ D_{21} (5 R^5 - 4 R^3) \sin(3A) + D_{22} R^5 \sin(5A)$$

$$+ D_{23} R^6 \cos(6A) + D_{24} (6 R^6 - 5 R^4) \cos(4A)$$

$$+ D_{25} (15 R^6 - 20 R^4 + 6 R^2) \cos(2A)$$

$$+ D_{26} (20 R^6 - 30 R^4 + 12 R^2 - 1)$$

$$+ D_{27} (15 R^6 - 20 R^4 + 6 R^2) \sin(2A)$$

$$+ D_{28} (6 R^6 - 5 R^4) \sin(4A) + D_{29} R^6 \sin(6A) \dots \dots$$

..... (b)

ただし、 D_m (m は 2 以上の整数) は係数である。なお、X 軸方向に対称な光学系として設計するには、 D_4 , D_5 , D_6 , D_{10} , D_{11} , D_{12} , D_{13} , D_{14} , D_{20} , D_{21} , D_{22} ... を利用する。

【 0 0 3 6 】

上記定義式は、回転非対称な曲面形状の面の例示のために示したものであり、他のいかなる定義式に対しても同じ効果が得られることは言うまでもない。

【0037】

なお、自由曲面の他の定義式の例として、次の定義式(c)があげられる。

【0038】

$$Z = \sum \sum C_{nm} X^m Y^n$$

例として、 $k=7$ (7次項) を考えると、展開したとき、以下の式で表せる。

【0039】

$$\begin{aligned} Z = & C_2 \\ & + C_3 Y + C_4 |X| \\ & + C_5 Y^2 + C_6 Y |X| + C_7 X^2 \\ & + C_8 Y^3 + C_9 Y^2 |X| + C_{10} Y X^2 + C_{11} |X^3| \\ & + C_{12} Y^4 + C_{13} Y^3 |X| + C_{14} Y^2 X^2 + C_{15} Y |X^3| + C_{16} X^4 \\ & + C_{17} Y^5 + C_{18} Y^4 |X| + C_{19} Y^3 X^2 + C_{20} Y^2 |X^3| \\ & \quad + C_{21} Y X^4 + C_{22} |X^5| \\ & + C_{23} Y^6 + C_{24} Y^5 |X| + C_{25} Y^4 X^2 + C_{26} Y^3 |X^3| \\ & \quad + C_{27} Y^2 X^4 + C_{28} Y |X^5| + C_{29} X^6 \\ & + C_{30} Y^7 + C_{31} Y^6 |X| + C_{32} Y^5 X^2 + C_{33} Y^4 |X^3| \\ & \quad + C_{34} Y^3 X^4 + C_{35} Y^2 |X^5| + C_{36} Y X^6 + C_{37} |X^7| \\ & \quad \dots (c) \end{aligned}$$

なお、回転非対称面としては、アナモフィック面、トーリック面を用いることもできる。

【0040】

なお、本発明の光学素子及び光学系において、光軸を含んで任意の直交するY-Z面内とX-Z面内の2つの方向の光線に対して、軸上主光線と微小距離離れた平行光線を光学素子、光学系に入射させ、特開平11-194267号の段落【0049】と同様にパワー P_x 、 P_y を定義し、それらの逆数である焦点距離 F_x 、 F_y からそれらの比 F_y/F_x を定めるものとする。

【0041】

さて、後記の実施例 1～5 のように、回転非対称な自由曲面で構成した 2 つの光学素子から構成されており、物体側に配置され 1 次像を形成する第 1 光学素子と、その 1 次像を投影する第 2 光学素子とから構成され、1 次像近傍を第 2 光学素子の回転中心として、第 2 光学素子を偏心させることにより第 2 光学素子に入射する光束を第 2 光学素子の中で任意に選択した部分で反射、屈曲させることにより第 2 光学素子で変倍を行う場合、第 2 光学素子の回転振り角 θ は、

$$0^{\circ} < \theta < 90^{\circ} \quad \dots (1)$$

なる条件を満足することが好ましい。

【0042】

この条件の下限の 0° を越えると、光路を選択すること自体が不可能になり、光学的パラメーターを変化させることが不可能となる。また、上限の 90° を越えると、第 2 光学素子の大きさが大きくなり好ましくない。

【0043】

さらに好ましくは、

$$10^{\circ} < \theta < 45^{\circ} \quad \dots (1-1)$$

なる条件を満足することが重要である。この下限の 10° を越えると、第 2 光学素子に連続な回転非対称面を用いているために、連続な回転非対称面の部分的なパワー変化が大きくなってしまい、良好な収差状況を画面全域で得ることが難しくなるからである。上限の 45° を越えると、第 2 光学素子の大きさが大きくなり好ましくない。

【0044】

また、その場合の全系の偏心方向が Y 軸方向で、軸上主光線と平行な面を Y-Z 面とし、その Y-Z 面と直交する方向を X 方向とすると、全系の X 方向、Y 方向の焦点距離をそれぞれ F_x 、 F_y とすると、

$$0.5 < |F_y / F_x| < 2 \quad \dots (2)$$

なる条件式を満足することが重要である。

【0045】

この条件式の下限の 0.5 を越えると、Y 方向に比べて X 方向の焦点距離が大きくなりすぎ、X 方向の映像が大きく結像しすぎてしまい、横長の長方形の歪ん

だ像になってしまう。また、上限の 2 を越えると、Y 方向に比べて X 方向の焦点距離が短くなりすぎ X 方向の映像が小さくなり、縦長の長方形の歪んだ像になってしまう。

【 0 0 4 6 】

さらに、本発明のように焦点距離を変化させる光学系の場合は、変化する各状態でも上記条件式 (2) を満足することが重要であり、広角端から望遠端の状態、又は、無限遠から近点にフォーカスした状態全てにおいて、上記条件式 (2) を満足していないと、変倍時又はフォーカス中の像歪みの変化が不自然になり、非常に観察し難い映像となってしまう。

【 0 0 4 7 】

さらに好ましくは、

$$0.7 < |F_y / F_x| < 1.3 \quad \dots (2-1)$$

なる条件を満足することが重要である。上限と下限は上記条件式 (2) と同様である。

【 0 0 4 8 】

【発明の実施形態】

以下に、本発明の光学系の具体的な実施例 1～5 について説明する。

【 0 0 4 9 】

実施例 1～5 の構成パラメータは後記するが、座標系は、順光線追跡で、図 3 (a) に示すように、軸上主光線 2 を、光学系の入射瞳 (絞り面) 1 の中心を垂直に通じ、像面 3 中心に至る光線で定義する。そして、順光線追跡において、入射瞳 1 の中心を偏心光学系の偏心光学面の原点として、軸上主光線 2 に沿う方向を Z 軸方向とし、瞳 1 から光学系の第 1 光学素子 10 の第 1 面 11 に向かう方向を Z 軸正方向とし、図の面を Y-Z 平面とし、原点を通り Y-Z 平面に直交し、紙面の表から裏へ向かう方向を X 軸正方向とし、X 軸、Z 軸と右手直交座標系を構成する軸を Y 軸とする。

【 0 0 5 0 】

偏心面については、第 1 光学素子 10 の各面 (第 1 面～第 5 面) 及び第 2 光学素子 20 の回転中心となる中間像面 (第 6 面) 4 に関しては、光学系の原点の中

心からその面の面頂位置の偏心量（X軸方向、Y軸方向、Z軸方向をそれぞれX、Y、Z）と、その面の中心軸（自由曲面については、前記（a）式のZ軸）のX軸、Y軸、Z軸それぞれを中心とする傾き角（それぞれ α 、 β 、 γ （°））とが与えられている。その場合、 α と β の正はそれぞれの軸の正方向に対して反時計回りを、 γ の正はZ軸の正方向に対して時計回りを意味する。なお、面の中心軸の α 、 β 、 γ の回転のさせ方は、面の中心軸とそのXYZ直交座標系を、まずX軸の回りで反時計回りに α 回転させ、次に、その回転した面の中心軸を新たな座標系のY軸の回りで反時計回りに β 回転させると共に1度回転した座標系もY軸の回りで反時計回りに β 回転させ、次いで、その2度回転した面の中心軸を新たな座標系の新たな座標系のZ軸の回りで時計回りに γ 回転させるものである。

【 0 0 5 1 】

また、第2光学素子20及び像面3については、第2光学素子20の回転中心となる中間像面（第6面）4を基準として同様に偏心量を与えている。

【 0 0 5 2 】

また、各実施例の光学系を構成する光学作用面の中、特定の面とそれに続く面が共軸光学系を構成する場合には面間隔が与えられており、その他、媒質の屈折率、アッペ数が慣用法に従って与えられている。

【 0 0 5 3 】

また、本発明で用いられる自由曲面の面の形状は前記（a）式により定義し、その定義式のZ軸が自由曲面の軸となる。

【 0 0 5 4 】

なお、データの記載されていない自由曲面、非球面に関する項は0である。屈折率については、d線（波長587.56nm）に対するものを表記してある。長さの単位はmmである。

【 0 0 5 5 】

以下、まず、各実施例の撮像素子の寸法、入射瞳径、画角、焦点距離、Fナンバーを示すが、焦点距離、Fナンバーは水平画角と像高から計算したものである。

【 0 0 5 6 】

実施例 1 ～ 5 は、3. 2 × 2. 4 m m の撮像素子を使い、入射瞳径は 1. 1 5 m m で、

実施例 1

	望遠端	標準状態	広角端
垂直半画角	20.34	14.55	10.50 (°)
水平半画角	26.31	19.09	13.89 (°)
焦点距離	3.24	4.62	6.47 (m m)
F ナンバー	2.82	4.02	5.63

実施例 2 ～ 3

垂直半画角	18.31	13.10	9.45 (°)
水平半画角	23.68	17.18	12.50 (°)
焦点距離	3.65	5.18	7.22 (m m)
F ナンバー	3.17	4.50	6.28

実施例 4

垂直半画角	18.31	13.10	9.45 (°)
水平半画角	23.68	17.18	12.50 (°)
焦点距離	3.64	5.18	7.22 (m m)
F ナンバー	3.17	4.50	6.28

実施例 5

垂直半画角	20.34	10.50	7.05 (°)
水平半画角	26.31	13.89	9.36 (°)
焦点距離	3.24	6.47	9.71 (m m)
F ナンバー	2.95	5.63	8.44

である。

【 0 0 5 7 】

また、実施例 1 ～ 5 の第 2 光学素子（偏心プリズム）の回転振り角 θ は、

実施例 1 24.747°

実施例 2 10.400°

実施例 3 20.000°

実施例 4 22.569°

実施例 5 34.477°

であり、全系の偏心方向の焦点距離 F_y (mm)、それと直交する方向の焦点距離 F_x (mm)、 F_y と F_x の比 F_y / F_x は、

		望遠端	標準状態	広角端
実施例 1	F_x	3.138	3.867	4.630
	F_y	3.102	4.075	4.943
実施例 2	F_x	4.019	5.522	7.194
	F_y	3.682	5.522	6.835
実施例 3	F_x	4.769	5.790	7.097
	F_y	3.782	5.368	6.532
実施例 4	F_x	3.467	4.857	6.211
	F_y	3.482	5.010	6.832
実施例 5	F_x	3.481	6.645	9.785
	F_y	3.659	6.200	8.718
実施例 1	F_y / F_x	0.989	1.054	1.068
実施例 2	F_y / F_x	0.916	1.000	0.950
実施例 3	F_y / F_x	0.793	0.927	0.920
実施例 4	F_y / F_x	1.004	1.032	1.100
実施例 5	F_y / F_x	1.051	1.032	0.891

である。

【 0 0 5 8 】

実施例 1

本実施例の変倍光学系は、図 3 に、広角端 (a)、標準状態 (b)、望遠端 (c) の断面図を示すように、回転非対称な自由曲面で構成した 2 つの偏心プリズム 10、20 から構成されており、物体側に配置され中間像面 4 に 1 次像を形成する第 1 偏心プリズム 10、その 1 次像を投影する第 2 偏心プリズム 20 から構成され、その 1 次像近傍を第 2 偏心プリズム 20 の回転中心として、第 2 偏心プリズム 20 を偏心させることにより、第 1 偏心プリズム 10 から第 2 偏心プリズ

ム 2 0 に入射する光束を第 2 偏心プリズム 2 0 の中で任意に選択した部分で反射、屈曲させることにより第 2 偏心プリズム 2 0 で変倍を行うものである。

【 0 0 5 9 】

この実施例の光学系は、光学系の入射側に配置された絞り 1 と、その射出側に配置され、絞り 1 を通った光束をプリズム内に入射させる第 1 面 1 1、第 1 面 1 1 を経てプリズム内に入った光束を反射させる第 2 面 1 2 と、第 2 面 1 2 で反射した光束を反射させる第 3 面 1 3 と、第 3 面 1 3 で反射した光束をプリズム外に射出させる第 4 面 1 4 とからなる第 1 偏心プリズム 1 0 と、第 1 偏心プリズム 1 0 から射出し、中間像面 4 に 1 次像を形成した光束をプリズム内に入射させる第 1 面 2 1 と、第 1 面 2 1 を経てプリズム内に入った光束を反射させる第 2 面 2 2 と、第 2 面 2 2 で反射した光束を反射させる第 3 面 2 3 と、第 3 面 2 3 で反射した光束を反射させる第 4 面 2 4 と、第 4 面 2 4 で反射した光束をプリズム外に射出させる第 5 面 2 5 とからなる第 2 偏心プリズム 2 0 と、像面 3 とからなり、第 1 偏心プリズム 1 0、第 2 偏心プリズム 2 0 共にその中の光路はジグザク光路をとり、光軸はプリズム内で交差しない。

【 0 0 6 0 】

この実施例の第 1 偏心プリズム 1 0 の第 1 面 1 1 ～第 4 面 1 4、第 2 偏心プリズム 2 0 の第 1 面 2 1 ～第 5 面 2 5 は何れも回転非対称な自由曲面で構成されている。

【 0 0 6 1 】

実施例 2

本実施例の変倍光学系は、図 4 に、広角端 (a)、標準状態 (b)、望遠端 (c) の断面図を示すように、回転非対称な自由曲面で構成した 2 つの偏心プリズム 1 0、2 0 から構成されており、物体側に配置され中間像面 4 に 1 次像を形成する第 1 偏心プリズム 1 0、その 1 次像を投影する第 2 偏心プリズム 2 0 から構成され、その 1 次像近傍を第 2 偏心プリズム 2 0 の回転中心として、第 2 偏心プリズム 2 0 を偏心させることにより、第 1 偏心プリズム 1 0 から第 2 偏心プリズム 2 0 に入射する光束を第 2 偏心プリズム 2 0 の中で任意に選択した部分で反射、屈曲させることにより第 2 偏心プリズム 2 0 で変倍を行うものである。

【 0 0 6 2 】

この実施例の光学系は、光学系の入射側に配置された絞り 1 と、その射出側に配置され、絞り 1 を通った光束をプリズム内に入射させる第 1 面 1 1、第 1 面 1 1 を経てプリズム内に入った光束を反射させる第 2 面 1 2 と、第 2 面 1 2 で反射した光束を反射させる第 3 面 1 3 と、第 3 面 1 3 で反射した光束をプリズム外に射出させる第 4 面 1 4 とからなる第 1 偏心プリズム 1 0 と、第 1 偏心プリズム 1 0 から射出し、中間像面 4 に 1 次像を形成した光束をプリズム内に入射させる第 1 面 2 1 と、第 1 面 2 1 を経てプリズム内に入った光束を反射させる第 2 面 2 2 と、第 2 面 2 2 で反射した光束を反射させる第 3 面 2 3 と、第 3 面 2 3 で反射した光束をプリズム外に射出させる第 4 面 2 4 とからなる第 2 偏心プリズム 2 0 と、像面 3 とからなり、第 1 偏心プリズム 1 0 中の光路は回転光路をとり、光軸はプリズム内で交差し、第 2 偏心プリズム 2 0 中の光路はジグザク光路をとり、光軸はプリズム内で交差しない。

【 0 0 6 3 】

この実施例の第 1 偏心プリズム 1 0 の第 1 面 1 1 ～第 4 面 1 4、第 2 偏心プリズム 2 0 の第 1 面 2 1 ～第 4 面 2 4 は何れも回転非対称な自由曲面で構成されている。

【 0 0 6 4 】

実施例 3 ～ 5

これらの実施例の変倍光学系は、それぞれ図 5 ～図 7 に、広角端 (a)、標準状態 (b)、望遠端 (c) の断面図を示すように、回転非対称な自由曲面で構成した 2 つの偏心プリズム 1 0、2 0 から構成されており、物体側に配置され中間像面 4 に 1 次像を形成する第 1 偏心プリズム 1 0、その 1 次像を投影する第 2 偏心プリズム 2 0 から構成され、その 1 次像近傍を第 2 偏心プリズム 2 0 の回転中心として、第 2 偏心プリズム 2 0 を偏心させることにより、第 1 偏心プリズム 1 0 から第 2 偏心プリズム 2 0 に入射する光束を第 2 偏心プリズム 2 0 の中で任意に選択した部分で反射、屈曲させることにより第 2 偏心プリズム 2 0 で変倍を行うものである。

【 0 0 6 5 】

これらの実施例の光学系は、光学系の入射側に配置された絞り 1 と、その射出側に配置され、絞り 1 を通った光束をプリズム内に入射させる第 1 面 1 1、第 1 面 1 1 を経てプリズム内に入った光束を反射させる第 2 面 1 2 と、第 2 面 1 2 で反射した光束を反射させる第 3 面 1 3 と、第 3 面 1 3 で反射した光束をプリズム外に射出させる第 4 面 1 4 とからなる第 1 偏心プリズム 1 0 と、第 1 偏心プリズム 1 0 から射出し、中間像面 4 に 1 次像を形成した光束をプリズム内に入射させる第 1 面 2 1 と、第 1 面 2 1 を経てプリズム内に入った光束を反射させる第 2 面 2 2 と、第 2 面 2 2 で反射した光束を反射させる第 3 面 2 3 と、第 3 面 2 3 で反射した光束をプリズム外に射出させる第 4 面 2 4 とからなる第 2 偏心プリズム 2 0 と、像面 3 とからなり、第 1 偏心プリズム 1 0、第 2 偏心プリズム 2 0 共にその中の光路は回転光路をとり、光軸はプリズム内で交差する。

【 0 0 6 6 】

これらの実施例の第 1 偏心プリズム 1 0 の第 1 面 1 1 ～第 4 面 1 4、第 2 偏心プリズム 2 0 の第 1 面 2 1 ～第 4 面 2 4 は何れも回転非対称な自由曲面で構成されている。

【 0 0 6 7 】

以下に上記実施例 1 ～ 5 の構成パラメータを示す。これらの表中の“FFS”は自由曲面、“RE”は反射面、“IMP”は中間像面をそれぞれ示す。また、偏心の欄中の α の後に付加された“W”は広角端、“S”は標準状態、“T”は望遠端を示し、それらの状態での α の値を示す。

【 0 0 6 8 】

実施例 1

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞			
1	∞ (絞り面)				
2	FFS①		偏心(1)	1.4924	57.6
3	FFS② (RE)		偏心(2)	1.4924	57.6
4	FFS③ (RE)		偏心(3)	1.4924	57.6

5	FFS④	偏心(4)		
6	∞ (IMP)	偏心(5)		
7	FFS⑤	偏心(6)	1.4924	57.6
8	FFS⑥ (RE)	偏心(7)	1.4924	57.6
9	FFS⑦ (RE)	偏心(8)	1.4924	57.6
10	FFS⑧ (RE)	偏心(9)	1.4924	57.6
11	FFS⑨	偏心(10)		
像 面	∞	偏心(11)		

FFS①

C_4	-2.8093×10^{-2}	C_6	-3.4693×10^{-2}	C_8	-1.0960×10^{-2}
C_{10}	8.5100×10^{-5}				

FFS②

C_4	1.6602×10^{-2}	C_6	2.2602×10^{-3}	C_8	2.1554×10^{-3}
C_{10}	6.3634×10^{-4}	C_{11}	-3.9065×10^{-4}	C_{13}	6.3413×10^{-4}
C_{15}	9.2512×10^{-5}	C_{17}	-4.9786×10^{-4}	C_{19}	-1.2226×10^{-4}
C_{21}	9.1178×10^{-6}				

FFS③

C_4	3.9966×10^{-2}	C_6	1.4198×10^{-2}	C_8	1.0166×10^{-3}
C_{10}	4.7035×10^{-4}	C_{11}	-4.9685×10^{-5}	C_{13}	-8.3524×10^{-5}
C_{15}	1.0200×10^{-5}	C_{17}	1.2847×10^{-5}	C_{19}	5.8590×10^{-6}
C_{21}	2.6248×10^{-6}				

FFS④

C_4	3.3696×10^{-3}	C_6	-1.3272×10^{-2}	C_8	-3.7242×10^{-3}
C_{10}	8.3035×10^{-3}	C_{11}	-3.1336×10^{-4}	C_{13}	-2.5688×10^{-4}
C_{15}	1.1044×10^{-3}	C_{17}	1.0729×10^{-4}	C_{19}	9.6682×10^{-5}
C_{21}	1.0731×10^{-4}				

FFS⑤

C_4	-8.1845×10^{-2}	C_6	-4.3366×10^{-2}	C_8	-1.5077×10^{-3}
C_{10}	-4.0125×10^{-3}	C_{11}	1.4399×10^{-4}	C_{13}	-4.5269×10^{-4}

$$\begin{array}{lll} C_{15} & -2.4801 \times 10^{-4} & C_{17} \quad 3.4441 \times 10^{-5} \\ C_{21} & 1.3382 \times 10^{-6} & C_{19} \quad 9.1968 \times 10^{-5} \end{array}$$

FFS⑥

$$\begin{array}{lll} C_4 & 1.4370 \times 10^{-2} & C_6 \quad 1.0450 \times 10^{-2} \\ C_{10} & 7.2299 \times 10^{-5} & C_{11} \quad 1.9307 \times 10^{-6} \\ C_{15} & -1.4071 \times 10^{-5} & C_{17} \quad 4.1603 \times 10^{-6} \\ C_{21} & -7.8770 \times 10^{-7} & C_{19} \quad 6.4284 \times 10^{-6} \end{array}$$

FFS⑦

$$\begin{array}{lll} C_4 & 1.5120 \times 10^{-3} & C_6 \quad -2.9647 \times 10^{-3} \\ C_{10} & 4.9885 \times 10^{-4} & C_{11} \quad 8.4959 \times 10^{-4} \\ C_{15} & 4.6589 \times 10^{-5} & C_{17} \quad 2.0374 \times 10^{-4} \\ C_{21} & 1.4053 \times 10^{-6} & C_{19} \quad 4.2066 \times 10^{-5} \end{array}$$

FFS⑧

$$\begin{array}{lll} C_4 & 4.1063 \times 10^{-2} & C_6 \quad 2.0688 \times 10^{-2} \\ C_{10} & 1.8263 \times 10^{-3} & C_{11} \quad 7.0118 \times 10^{-5} \\ C_{15} & 2.9720 \times 10^{-6} & C_{17} \quad 8.5095 \times 10^{-6} \\ C_{21} & 2.6245 \times 10^{-7} & C_{19} \quad 4.2440 \times 10^{-8} \end{array}$$

FFS⑨

$$\begin{array}{lll} C_4 & 1.0738 \times 10^{-1} & C_6 \quad -2.4596 \times 10^{-2} \\ C_{17} & -1.3792 \times 10^{-3} & C_{19} \quad -4.6896 \times 10^{-4} \\ C_8 & -9.5481 \times 10^{-3} & C_{21} \quad -1.1515 \times 10^{-4} \end{array}$$

偏心(1)

$$\begin{array}{llll} X & 0.00 & Y & 0.00 \\ \alpha & 26.00 & \beta & 0.00 \end{array}$$

偏心(2)

$$\begin{array}{llll} X & 0.00 & Y & 0.32 \\ \alpha & -30.15 & \beta & 0.00 \end{array}$$

偏心(3)

$$\begin{array}{llll} X & 0.00 & Y & 5.75 \\ \alpha & -15.63 & \beta & 0.00 \end{array}$$

偏心(4)

X	0.00	Y	10.60	Z	6.21
---	------	---	-------	---	------

α	42.57	β	0.00	γ	0.00
----------	-------	---------	------	----------	------

偏心(5)

X	0.00	Y	13.32	Z	10.00
---	------	---	-------	---	-------

α	-5.06	β	180.00	γ	0.00
----------	-------	---------	--------	----------	------

変倍

αW	-5.06	αS	0.00	αT	5.34
------------	-------	------------	------	------------	------

偏心(6)

X	0.00	Y	2.12	Z	-3.59
---	------	---	------	---	-------

α	-47.43	β	0.00	γ	0.00
----------	--------	---------	------	----------	------

偏心(7)

X	0.00	Y	7.33	Z	-10.69
---	------	---	------	---	--------

α	-1.05	β	0.00	γ	0.00
----------	-------	---------	------	----------	------

偏心(8)

X	0.00	Y	12.48	Z	-3.11
---	------	---	-------	---	-------

α	-10.15	β	0.00	γ	0.00
----------	--------	---------	------	----------	------

偏心(9)

X	0.00	Y	22.47	Z	-10.24
---	------	---	-------	---	--------

α	-28.65	β	0.00	γ	0.00
----------	--------	---------	------	----------	------

偏心(10)

X	0.00	Y	22.16	Z	-3.97
---	------	---	-------	---	-------

α	-18.09	β	0.00	γ	0.00
----------	--------	---------	------	----------	------

偏心(11)

X	0.00	Y	22.34	Z	-1.98
---	------	---	-------	---	-------

α	5.06	β	0.00	γ	0.00
----------	------	---------	------	----------	------

【 0 0 6 9 】

実施例 2

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッペ数
物体面	∞	∞			
1	∞ (絞り面)				
2	FFS①		偏心(1)	1.4924	57.6
3	FFS② (RE)		偏心(2)	1.4924	57.6
4	FFS③ (RE)		偏心(3)	1.4924	57.6
5	FFS④		偏心(4)		
6	∞ (IMP)		偏心(5)		
7	FFS⑤		偏心(6)	1.4924	57.6
8	FFS⑥ (RE)		偏心(7)	1.4924	57.6
9	FFS⑦ (RE)		偏心(8)	1.4924	57.6
10	FFS⑧		偏心(9)		
像 面	∞		偏心(10)		
FFS①					
C_4	-5.7825×10^{-2}	C_6	-5.4362×10^{-2}		
FFS②					
C_4	2.4082×10^{-3}	C_6	-3.3749×10^{-3}	C_8	-1.4479×10^{-3}
C_{10}	-8.1905×10^{-4}				
FFS③					
C_4	1.5008×10^{-2}	C_6	1.2174×10^{-2}	C_8	-2.1697×10^{-4}
C_{10}	-1.8719×10^{-4}				
FFS④					
C_4	-1.8018×10^{-2}	C_6	-2.9453×10^{-2}		
FFS⑤					
C_4	8.1701×10^{-2}	C_6	-5.3191×10^{-2}		
FFS⑥					
C_4	-9.7414×10^{-5}	C_6	-1.2070×10^{-2}	C_8	6.4801×10^{-3}
C_{10}	9.7166×10^{-4}				
FFS⑦					

C_4 3.2443×10^{-2} C_6 2.1970×10^{-2} C_8 6.2843×10^{-4}
 C_{10} 4.6632×10^{-4}

FFS⑧

C_4 -1.8666×10^{-2} C_6 1.5607×10^{-2}

偏心(1)

X 0.00 Y 0.00 Z 0.00
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(2)

X 0.00 Y 0.00 Z 14.97
 α 22.50 β 0.00 γ 0.00

偏心(3)

X 0.00 Y -9.67 Z 5.30
 α 67.50 β 0.00 γ 0.00

偏心(4)

X 0.00 Y 6.26 Z 5.30
 α 90.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(5)

X 0.00 Y 10.00 Z 5.30
 α 80.00 β 0.00 γ 0.00

変倍

α W 80.00 α S 90.00 α T 100.00

偏心(6)

X 0.00 Y 0.00 Z 5.00
 α 2.17 β 0.00 γ 0.00

偏心(7)

X 0.00 Y 0.08 Z 11.24
 α -33.38 β 0.00 γ 0.00

偏心(8)

X 0.00 Y 11.23 Z 6.62

α -52.56 β 0.00 γ 0.00

偏心(9)

X 0.00 Y 5.09 Z 14.57

α -25.36 β 0.00 γ 0.00

偏心(10)

X 0.00 Y 3.42 Z 16.32

α -43.84 β 0.00 γ 0.00

【 0 0 7 0 】

実施例 3

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
-----	------	-----	----	-----	------

物体面

∞

∞

1 ∞ (絞り面)

2 FFS①

偏心(1)

1.4924

57.6

3 FFS② (RE)

偏心(2)

1.4924

57.6

4 FFS③ (RE)

偏心(3)

1.4924

57.6

5 FFS④

偏心(4)

6 ∞ (IMP)

偏心(5)

7 FFS⑤

偏心(6)

1.4924

57.6

8 FFS⑥ (RE)

偏心(7)

1.4924

57.6

9 FFS⑦ (RE)

偏心(8)

1.4924

57.6

10 FFS⑧

偏心(9)

像 面

∞

偏心(10)

FFS①

C_4 1.5320×10^{-1} C_6 -2.1996×10^{-1}

FFS②

C_4 1.8216×10^{-2} C_6 -2.6061×10^{-2} C_8 2.5274×10^{-3}

C_{10} 2.2789×10^{-4}

FFS③

$$\begin{array}{lll} C_4 & 2.0578 \times 10^{-2} & C_6 \quad -1.1913 \times 10^{-2} \quad C_8 \quad -7.1285 \times 10^{-4} \\ C_{10} & 5.6967 \times 10^{-4} & \end{array}$$

FFS④

$$\begin{array}{ll} C_4 & 1.6882 \times 10^{-2} \quad C_6 \quad -9.2842 \times 10^{-2} \end{array}$$

FFS⑤

$$\begin{array}{ll} C_4 & 5.9069 \times 10^{-2} \quad C_6 \quad -2.9893 \times 10^{-4} \end{array}$$

FFS⑥

$$\begin{array}{lll} C_4 & 5.1683 \times 10^{-3} & C_6 \quad -1.2134 \times 10^{-2} \quad C_8 \quad -7.3201 \times 10^{-4} \\ C_{10} & -3.1908 \times 10^{-4} & \end{array}$$

FFS⑦

$$\begin{array}{lll} C_4 & 1.9549 \times 10^{-2} & C_6 \quad 1.2856 \times 10^{-2} \quad C_8 \quad -9.7153 \times 10^{-4} \\ C_{10} & -6.6661 \times 10^{-4} & \end{array}$$

FFS⑧

$$\begin{array}{ll} C_4 & -8.8129 \times 10^{-2} \quad C_6 \quad 5.8889 \times 10^{-2} \end{array}$$

偏心(1)

$$\begin{array}{llll} X & 0.00 & Y & 0.00 & Z & 0.00 \\ \alpha & 0.00 & \beta & 0.00 & \gamma & 0.00 \end{array}$$

偏心(2)

$$\begin{array}{llll} X & 0.00 & Y & 0.00 & Z & 10.00 \\ \alpha & 22.50 & \beta & 0.00 & \gamma & 0.00 \end{array}$$

偏心(3)

$$\begin{array}{llll} X & 0.00 & Y & -6.00 & Z & 4.00 \\ \alpha & 67.50 & \beta & 0.00 & \gamma & 0.00 \end{array}$$

偏心(4)

$$\begin{array}{llll} X & 0.00 & Y & 6.00 & Z & 4.00 \\ \alpha & 90.00 & \beta & 0.00 & \gamma & 0.00 \end{array}$$

偏心(5)

$$\begin{array}{llll} X & 0.00 & Y & 10.00 & Z & 4.00 \\ \alpha & 100.00 & \beta & 0.00 & \gamma & 0.00 \end{array}$$

変倍

α W100.00 α S 90.00 α T 74.86

偏心(6)

X 0.00 Y 0.00 Z 3.33

α 17.17 β 0.00 γ 0.00

偏心(7)

X 0.00 Y 1.86 Z 21.77

α -9.66 β 0.00 γ 0.00

偏心(8)

X 0.00 Y 7.69 Z 9.32

α -57.53 β 0.00 γ 0.00

偏心(9)

X 0.00 Y -3.66 Z 9.33

α -89.90 β 0.00 γ 0.00

偏心(10)

X 0.00 Y -5.72 Z 9.33

α -90.00 β 0.00 γ 0.00

【 0 0 7 1 】

実施例 4

面番号	曲率半径	面間隔	偏心	屈折率	アッベ数
物体面	∞	∞			
1	∞ (絞り面)				
2	F F S ①		偏心(1)	1.5256	56.4
3	F F S ② (R E)		偏心(2)	1.5256	56.4
4	F F S ③ (R E)		偏心(3)	1.5256	56.4
5	F F S ④		偏心(4)		
6	∞ (I M P)		偏心(5)		
7	F F S ⑤		偏心(6)	1.5256	56.4

8	FFS⑥ (RE)	偏心(7)	1.5256	56.4
9	FFS⑦ (RE)	偏心(8)	1.5256	56.4
10	FFS⑧	偏心(9)		
像 面	∞	偏心(10)		

FFS①

C_4	1.4144×10^{-1}	C_6	-1.0418×10^{-1}	C_8	-5.4479×10^{-3}
C_{10}	1.7498×10^{-3}	C_{11}	3.3268×10^{-3}	C_{13}	3.3680×10^{-3}
C_{15}	2.6872×10^{-4}				

FFS②

C_4	3.2763×10^{-2}	C_6	-2.0049×10^{-2}	C_8	4.0430×10^{-3}
C_{10}	-1.7982×10^{-4}	C_{11}	-4.0041×10^{-4}	C_{13}	4.0093×10^{-6}
C_{15}	4.5664×10^{-5}	C_{17}	-6.4082×10^{-5}	C_{19}	1.2114×10^{-6}
C_{21}	-5.2650×10^{-8}				

FFS③

C_4	2.5494×10^{-2}	C_6	-5.5984×10^{-3}	C_8	-8.9562×10^{-4}
C_{10}	-1.2631×10^{-3}	C_{11}	-2.8906×10^{-6}	C_{13}	-3.4442×10^{-5}
C_{15}	1.3736×10^{-6}	C_{17}	6.1054×10^{-7}	C_{19}	1.2649×10^{-5}
C_{21}	-5.2650×10^{-8}				

FFS④

C_4	1.8276×10^{-2}	C_6	-7.0937×10^{-2}	C_8	-1.0860×10^{-4}
C_{10}	-2.7681×10^{-3}	C_{11}	-5.4357×10^{-5}	C_{13}	-1.7414×10^{-4}
C_{15}	1.7472×10^{-5}				

FFS⑤

C_4	3.2818×10^{-2}	C_6	4.7767×10^{-2}	C_8	3.6172×10^{-3}
C_{10}	-7.9056×10^{-3}	C_{11}	8.4021×10^{-5}	C_{13}	-2.9835×10^{-4}
C_{15}	-2.9355×10^{-6}				

FFS⑥

C_4	1.1455×10^{-2}	C_6	-7.4456×10^{-4}	C_8	-8.3959×10^{-5}
C_{10}	-7.4275×10^{-4}	C_{11}	7.8861×10^{-5}	C_{13}	1.3314×10^{-4}

$C_{15} \quad 5.4210 \times 10^{-5}$ $C_{17} \quad 2.0248 \times 10^{-5}$ $C_{19} \quad 4.0478 \times 10^{-6}$
 $C_{21} \quad -5.2650 \times 10^{-8}$

FFS⑦

$C_4 \quad 2.4423 \times 10^{-2}$ $C_6 \quad 2.0573 \times 10^{-2}$ $C_8 \quad -1.8070 \times 10^{-4}$
 $C_{10} \quad -3.0036 \times 10^{-4}$ $C_{11} \quad 5.6539 \times 10^{-6}$ $C_{13} \quad 3.6849 \times 10^{-5}$
 $C_{15} \quad 4.2238 \times 10^{-6}$ $C_{17} \quad 3.4114 \times 10^{-6}$ $C_{19} \quad 1.4841 \times 10^{-6}$
 $C_{21} \quad -5.2650 \times 10^{-8}$

FFS⑧

$C_4 \quad 2.7289 \times 10^{-3}$ $C_6 \quad -9.3425 \times 10^{-3}$ $C_8 \quad 4.0283 \times 10^{-2}$
 $C_{10} \quad 3.3363 \times 10^{-3}$ $C_{11} \quad 1.9237 \times 10^{-2}$ $C_{13} \quad 2.8928 \times 10^{-3}$
 $C_{15} \quad -2.9040 \times 10^{-4}$

偏心(1)

X 0.00 Y 0.00 Z 0.00
 α 0.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(2)

X 0.00 Y 0.00 Z 10.00
 α 22.50 β 0.00 γ 0.00

偏心(3)

X 0.00 Y -6.00 Z 4.00
 α 67.50 β 0.00 γ 0.00

偏心(4)

X 0.00 Y 6.00 Z 4.00
 α 90.00 β 0.00 γ 0.00

偏心(5)

X 0.00 Y 10.00 Z 4.00
 α 100.00 β 0.00 γ 0.00

変倍

α W100.00 α S 90.00 α T 77.43

偏心(6)

X 0.00 Y 0.00 Z 1.36

α -12.44 β 0.00 γ 0.00

偏心(7)

X 0.00 Y -1.26 Z 18.02

α -21.95 β 0.00 γ 0.00

偏心(8)

X 0.00 Y 7.22 Z 7.77

α -63.32 β 0.00 γ 0.00

偏心(9)

X 0.00 Y -5.98 Z 8.44

α -81.53 β 0.00 γ 0.00

偏心(10)

X 0.00 Y -8.13 Z 8.41

α -90.00 β 0.00 γ 0.00

【 0 0 7 2 】

実施例 5

面番号 物体面	曲率半径 ∞	面間隔 ∞	偏心	屈折率	アッベ数
1	∞ (絞り面)				
2	FFS①		偏心(1)	1.7440	44.8
3	FFS② (RE)		偏心(2)	1.7440	44.8
4	FFS③ (RE)		偏心(3)	1.7440	44.8
5	FFS④		偏心(4)		
6	∞ (IMP)		偏心(5)		
7	FFS⑤		偏心(6)	1.6928	49.5
8	FFS⑥ (RE)		偏心(7)	1.6928	49.5
9	FFS⑦ (RE)		偏心(8)	1.6928	49.5
10	FFS⑧		偏心(9)		

像 面

∞

偏心(10)

F F S ①

$$C_4 \quad 9.0382 \times 10^{-2} \quad C_6 \quad -2.3680 \times 10^{-1}$$

F F S ②

$$\begin{array}{lll} C_4 & 3.9937 \times 10^{-2} & C_6 \quad -3.2131 \times 10^{-2} \quad C_8 \quad 3.7291 \times 10^{-3} \\ C_{10} & -3.6464 \times 10^{-5} & C_{11} \quad -9.8820 \times 10^{-4} \end{array}$$

F F S ③

$$\begin{array}{lll} C_4 & 2.7941 \times 10^{-2} & C_6 \quad -3.3861 \times 10^{-2} \quad C_8 \quad -1.9513 \times 10^{-3} \\ C_{10} & -1.8989 \times 10^{-3} & C_{11} \quad 1.9138 \times 10^{-5} \end{array}$$

F F S ④

$$C_4 \quad 4.5840 \times 10^{-2} \quad C_6 \quad -8.9426 \times 10^{-2} \quad C_8 \quad -7.4906 \times 10^{-3}$$

F F S ⑤

$$C_4 \quad 2.4394 \times 10^{-2} \quad C_6 \quad -1.7965 \times 10^{-2}$$

F F S ⑥

$$\begin{array}{lll} C_4 & 7.8981 \times 10^{-3} & C_6 \quad -4.3787 \times 10^{-3} \quad C_8 \quad -2.9007 \times 10^{-4} \\ C_{10} & -8.2762 \times 10^{-5} & \end{array}$$

F F S ⑦

$$\begin{array}{lll} C_4 & 2.2292 \times 10^{-2} & C_6 \quad 1.5507 \times 10^{-2} \quad C_8 \quad 5.6375 \times 10^{-5} \\ C_{10} & -1.2221 \times 10^{-4} & \end{array}$$

F F S ⑧

$$\begin{array}{lll} C_4 & 3.6552 \times 10^{-2} & C_6 \quad 8.5294 \times 10^{-2} \quad C_8 \quad 5.3538 \times 10^{-2} \\ C_{10} & 2.4450 \times 10^{-2} & \end{array}$$

偏心(1)

$$X \quad 0.00 \quad Y \quad 0.00 \quad Z \quad 0.00$$

$$\alpha \quad 0.00 \quad \beta \quad 0.00 \quad \gamma \quad 0.00$$

偏心(2)

$$X \quad 0.00 \quad Y \quad 0.00 \quad Z \quad 10.00$$

$$\alpha \quad 22.50 \quad \beta \quad 0.00 \quad \gamma \quad 0.00$$

偏心(3)

X	0.00	Y	-6.00	Z	4.00
α	67.50	β	0.00	γ	0.00

偏心(4)

X	0.00	Y	6.00	Z	4.00
α	90.00	β	0.00	γ	0.00

偏心(5)

X	0.00	Y	10.00	Z	4.00
α	104.48	β	0.00	γ	0.00

変倍

α W	104.48	α S	85.44	α T	70.00
------------	--------	------------	-------	------------	-------

偏心(6)

X	0.00	Y	0.00	Z	1.00
α	1.17	β	0.00	γ	0.00

偏心(7)

X	0.00	Y	1.14	Z	19.66
α	-17.71	β	0.00	γ	0.00

偏心(8)

X	0.00	Y	7.89	Z	11.21
α	-67.10	β	0.00	γ	0.00

偏心(9)

X	0.00	Y	-8.76	Z	9.60
α	-85.32	β	0.00	γ	0.00

偏心(10)

X	0.00	Y	-12.24	Z	8.81
α	-102.79	β	0.00	γ	0.00

【 0 0 7 3 】

上記実施例 1 の広角端、標準状態、望遠端での横収差をそれぞれ図 8、図 9、図 10 に示す。また、上記実施例 4 の広角端、標準状態、望遠端での横収差をそれぞれ図 11、図 12、図 13 に示す。これらの横収差図において、括弧内に示

された数字は（水平画角，垂直画角）を表し、その画角における横収差を示す。
また、上記実施例4の広角端、標準状態、望遠端での像歪みを表す収差図をそれぞれ図14、図15、図16に示す。

【0074】

さて、本発明のような光路途中を屈曲させて変倍等を行う光学系は、例えば小型のカメラに用いることができる。図17はその1例を模式的に示す図であり、この例においては上記実施例3のような2つの偏心プリズム10と20からなる光学系を採用した箱型のカメラの例である。図17(a)～(c)はそれぞれ図5(a)～(c)の状態に対応している。このカメラはヒンジ部34で連結され折り曲げ可能な2つの箱体32と33からなり、一方の箱体32には開口31が形成され、その開口31に面して一方の偏心プリズム10が内部に取り付けられ、他方の箱体33内には他方の偏心プリズム20が偏心プリズム10に面して内部に取り付けられ、偏心プリズム20の像面には電子撮像素子30が配置されている。このような構成であるので、カメラを図17(a)のようにヒンジ部34で前側に折り曲げることにより広角状態にすることができ、また、図17(b)のように折り曲げない状態では標準の位置になる。さらに、図17(c)のようにヒンジ部34で後側に折り曲げることにより望遠状態にすることができ

【0075】

図18はペン型のカメラの例であり、図18(a)～(c)はそれぞれ図5(a)～(c)の状態に対応している。また、図18(d)、(e)はそれぞれ図18(b)、(c)の状態に対応した断面図である。この例においては、上記実施例3のような2つの偏心プリズム10と20からなる光学系を採用しており、ヒンジ部37で連結され折り曲げ可能な2つの円筒体35と36からなり、一方の円筒体35には開口31が形成され、その開口31に面して一方の偏心プリズム10が内部に取り付けられ、他方の円筒体36内には他方の偏心プリズム20が偏心プリズム10に面して内部に取り付けられ、偏心プリズム20の像面には電子撮像素子30が配置されている。このような構成であるので、カメラを図18(a)のようにヒンジ部37で前側に折り曲げることにより広角状態にすることができ、また、図18(b)のように折り曲げない状態では標準の位置にな

る。さらに、図 1 8 (c) のようにヒンジ部 3 7 で後側に折り曲げることにより望遠状態にすることができる。

【 0 0 7 6 】

図 1 9 は、2 つの偏心プリズム 1 0 と 2 0 をその中間像近傍を中心にして折り曲げ可能に支持する機械的な構成の 1 例を示す斜視図であり、偏心プリズム 1 0 の両側面に一体に連結金具 4 1 を取り付け、同様に偏心プリズム 2 0 の両側面に一体に連結金具 4 2 を取り付け、連結金具 4 1 と 4 2 の先端部を軸 4 3 で回転可能に連結することにより、2 つの偏心プリズム 1 0 と 2 0 からなる本発明の光学系をその中間で折り曲げ可能に構成することができる。また、偏心プリズム 2 0 の両側面に別に一体に支持金具 4 4 を取り付け、その先端に撮像素子 3 0 を取り付けることにより、撮像素子 3 0 を偏心プリズム 2 0 と一体に中間像近傍の軸 4 3 を中心に回転させるようにすることができる。

【 0 0 7 7 】

以上の本発明の光学系は例えば次のように構成することができる。

【 0 0 7 8 】

〔1〕 光学系を変形することによって光軸を屈曲させることにより、光学系の近軸量を変化させることを特徴とする光学系。

【 0 0 7 9 】

〔2〕 少なくとも 2 つの光学素子から構成される結像光学系において、前記少なくとも 2 つの光学素子を互いに偏心させることにより光学系の特性を変化させることを特徴とする光学系。

【 0 0 8 0 】

〔3〕 物体側に配置されて 1 次像を形成する第 1 光学素子と、前記 1 次像を像面に投影する第 2 光学素子とから構成され、前記 1 次像近傍を回転中心として前記第 2 光学素子を回転偏心することを特徴とする上記 2 記載の光学系。

【 0 0 8 1 】

〔4〕 前記第 1 光学素子又は前記第 2 光学素子は少なくとも 1 つの回転非対称な面を有する光学素子からなることを特徴とする上記 3 記載の光学系。

【 0 0 8 2 】

〔5〕 前記少なくとも1つの回転非対称な面は連続な面であることを特徴とする上記4記載の光学系。

【0083】

〔6〕 前記第1光学素子に対して前記第2光学素子を回転偏心することにより焦点距離、結像位置、結像倍率、主点位置の少なくとも何れか1つを変化させることを特徴とする上記3から5の何れか1項記載の光学系。

【0084】

〔7〕 回転非対称な自由曲面で構成した2つの光学素子から構成されており、物体側に配置され1次像を形成する第1光学素子と、その1次像を投影する第2光学素子とから構成され、1次像近傍を前記第2光学素子の回転中心として、前記第2光学素子を偏心させることにより前記第2光学素子に入射する光束を前記第2光学素子の中で任意に選択した部分で反射、屈曲させることにより前記第2光学素子で変倍を行い、前記第2光学素子の回転振り角 θ が、

$$0^{\circ} < \theta < 90^{\circ} \quad \dots (1)$$

なる条件式を満足することを特徴とする上記2から6の何れか1項記載の光学系。

【0085】

〔8〕 全系の偏心方向がY軸方向で、軸上主光線と平行な面をY-Z面とし、そのY-Z面と直交する方向をX方向とすると、全系のX方向、Y方向の焦点距離をそれぞれ F_x 、 F_y とすると、

$$0.5 < |F_y / F_x| < 2 \quad \dots (2)$$

なる条件式を満足することを特徴とする上記2から7の何れか1項記載の光学系。

【0086】

【発明の効果】

以上の説明から明らかなように、本発明によると、複数の光学素子を互いに偏心させる簡単な構成で、倍率の調整、フォカス調整等の光学的パラメータの調整が可能な光学系を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の光学系において変倍等が可能な理由を説明するための図である。

【図 2】

本発明において光学系を 2 つの光学素子で構成し互いに偏心することで変倍等が可能な理由を説明するための図である。

【図 3】

実施例 1 の変倍光学系の広角端 (a)、標準状態 (b)、望遠端 (c) の断面図である。

【図 4】

実施例 2 の変倍光学系の広角端 (a)、標準状態 (b)、望遠端 (c) の断面図である。

【図 5】

実施例 3 の変倍光学系の広角端 (a)、標準状態 (b)、望遠端 (c) の断面図である。

【図 6】

実施例 4 の変倍光学系の広角端 (a)、標準状態 (b)、望遠端 (c) の断面図である。

【図 7】

実施例 5 の変倍光学系の広角端 (a)、標準状態 (b)、望遠端 (c) の断面図である。

【図 8】

実施例 1 の広角端での横収差図である。

【図 9】

実施例 1 の標準状態での横収差図である。

【図 10】

実施例 1 の望遠端での横収差図である。

【図 11】

実施例 4 の広角端での横収差図である。

【図 12】

実施例 4 の標準状態での横収差図である。

【図 1 3】

実施例 4 の望遠端での横収差図である。

【図 1 4】

実施例 4 の広角端での像歪みを表す収差図である。

【図 1 5】

実施例 4 の標準状態での像歪みを表す収差図である。

【図 1 6】

実施例 4 の望遠端での像歪みを表す収差図である。

【図 1 7】

本発明により 2 つの偏心プリズムからなる光学系を採用した箱型のカメラの例を説明するための図である。

【図 1 8】

本発明により 2 つの偏心プリズムからなる光学系を採用したペン型のカメラの例を説明するための図である。

【図 1 9】

本発明により 2 つの偏心プリズムをその中間像近傍を中心にして折り曲げ可能に支持する機械的な構成の 1 例を示す斜視図である。

【符号の説明】

S、 S_1 、 S_2 … 光学素子

O … 物体

I … 像面

①、②、③ … 光線

P_1 、 P_2 、 P_3 … 入射瞳

H_1 、 H_2 、 H_3 … 像高

A … 開口

A' … 開口像

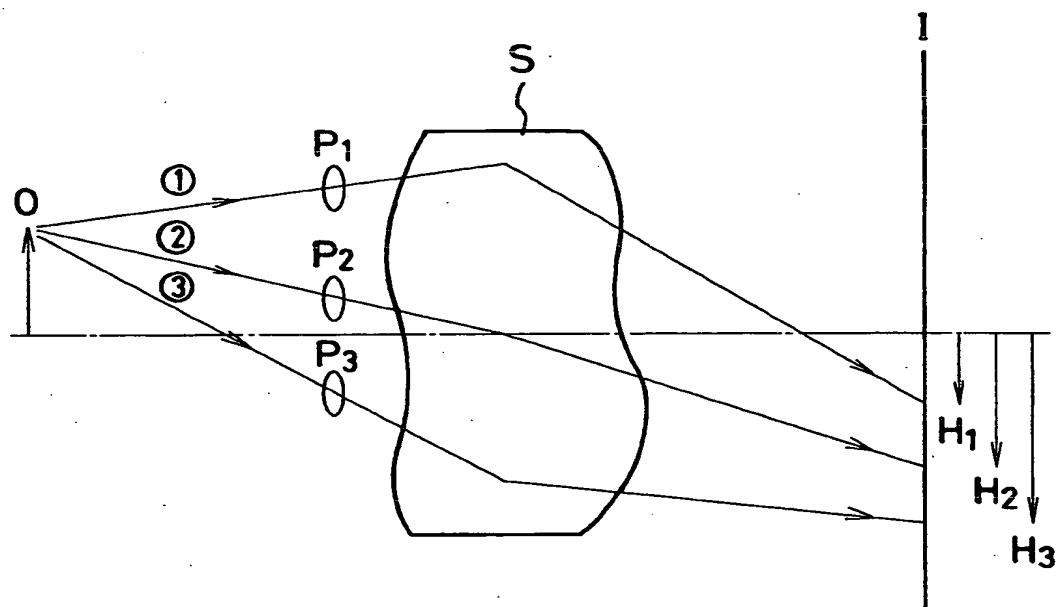
I' … 1 次像（中間像）

1 … 入射瞳（絞り面）

- 2 …軸上主光線（光軸）
- 3 …像面
- 4 …中間像面
- 1 0 …第 1 光学素子（偏心プリズム）
- 1 1 …第 1 面
- 1 2 …第 2 面
- 1 3 …第 3 面
- 1 4 …第 4 面
- 2 0 …第 2 光学素子（偏心プリズム）
- 2 1 …第 1 面
- 2 2 …第 2 面
- 2 3 …第 3 面
- 2 4 …第 4 面
- 2 5 …第 5 面
- 3 0 …電子撮像素子
- 3 1 …開口
- 3 2、3 3 …箱体
- 3 4 …ヒンジ部
- 3 5、3 6 …円筒体
- 3 7 …ヒンジ部
- 4 1、4 2 …連結金具
- 4 3 …軸
- 4 4 …支持金具

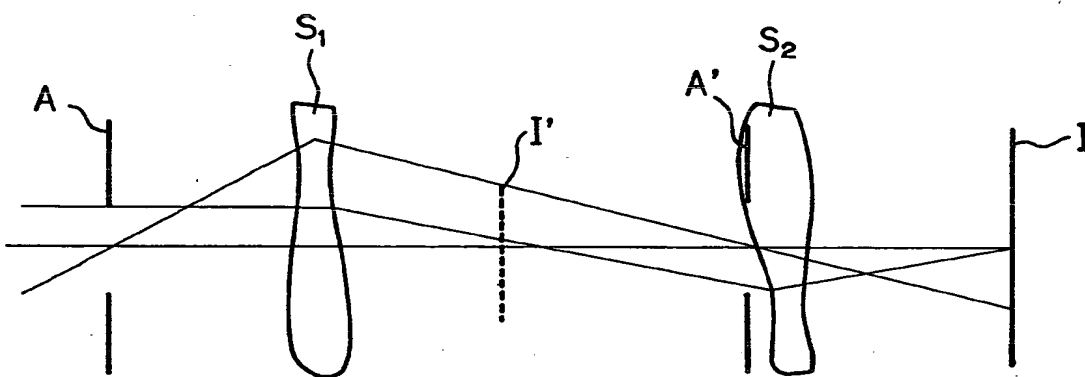
【書類名】 図面

【図1】

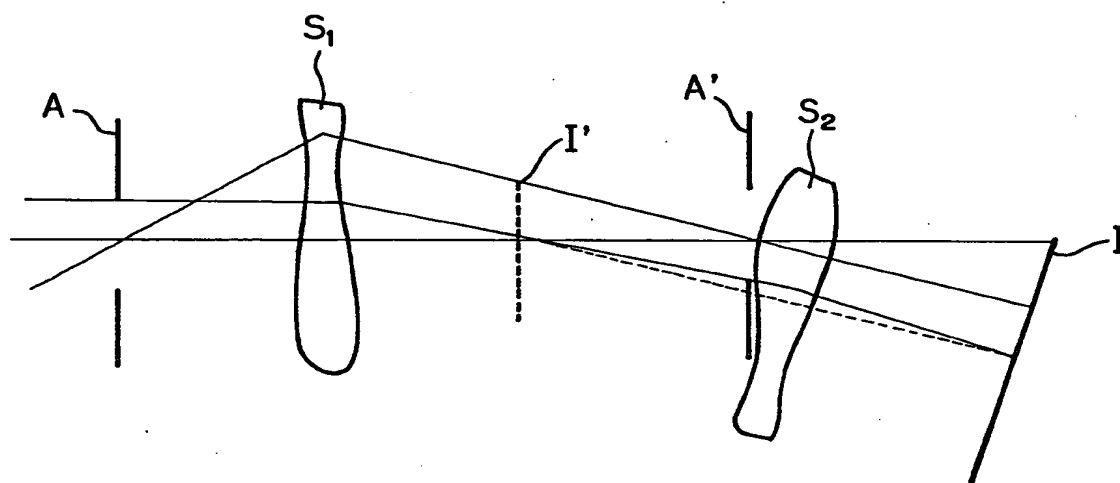


【図 2】

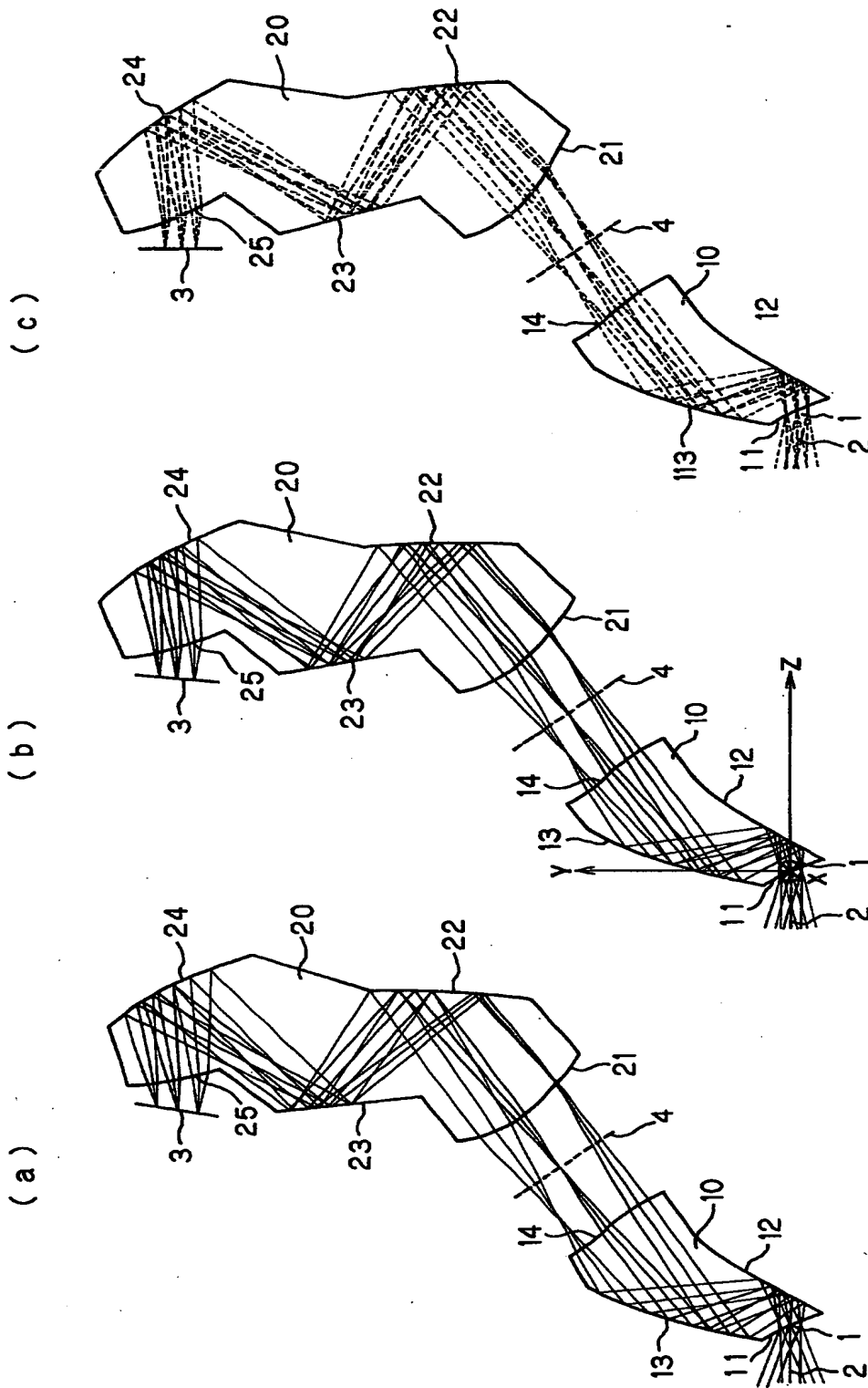
(a)



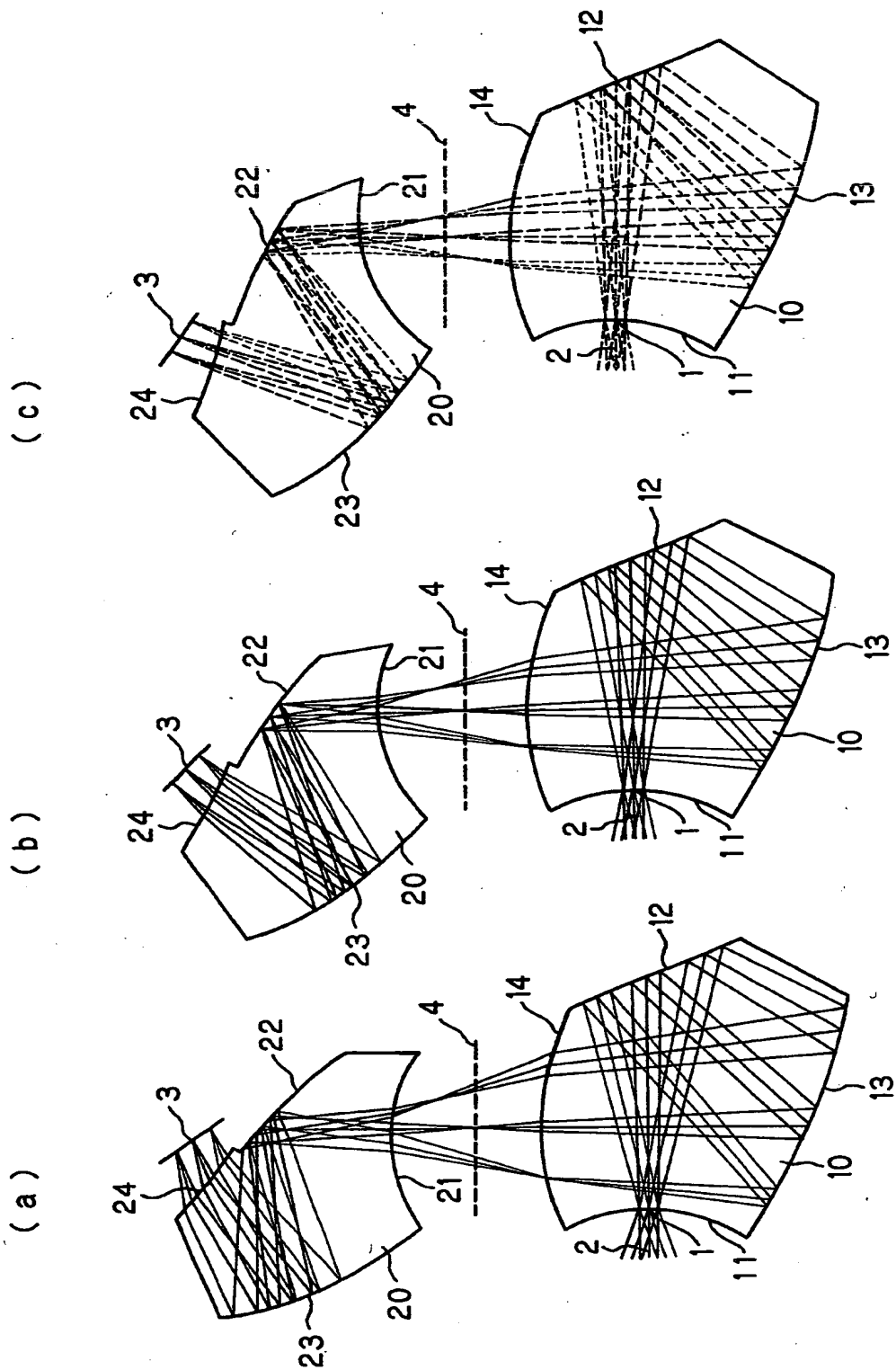
(b)



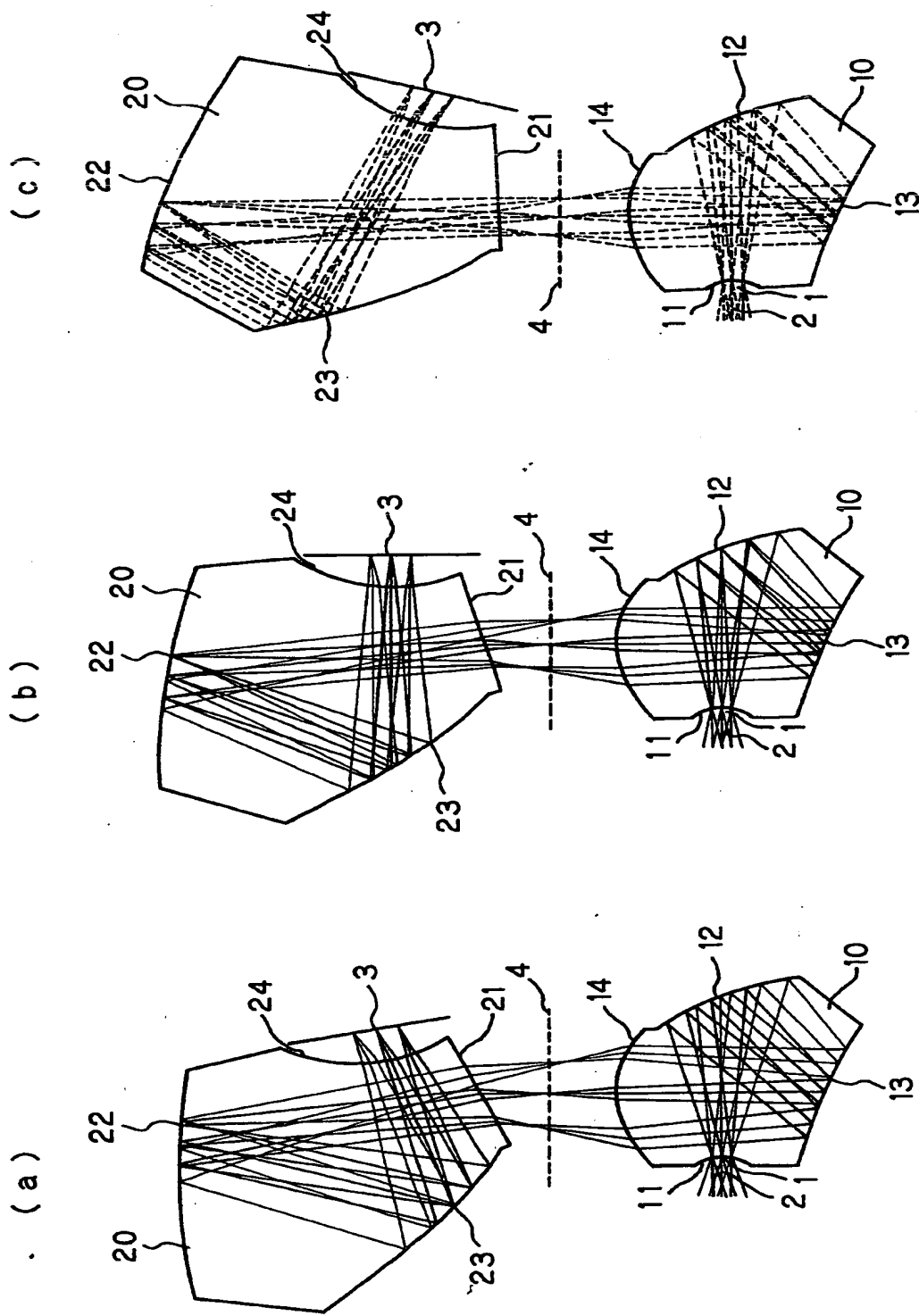
【図3】



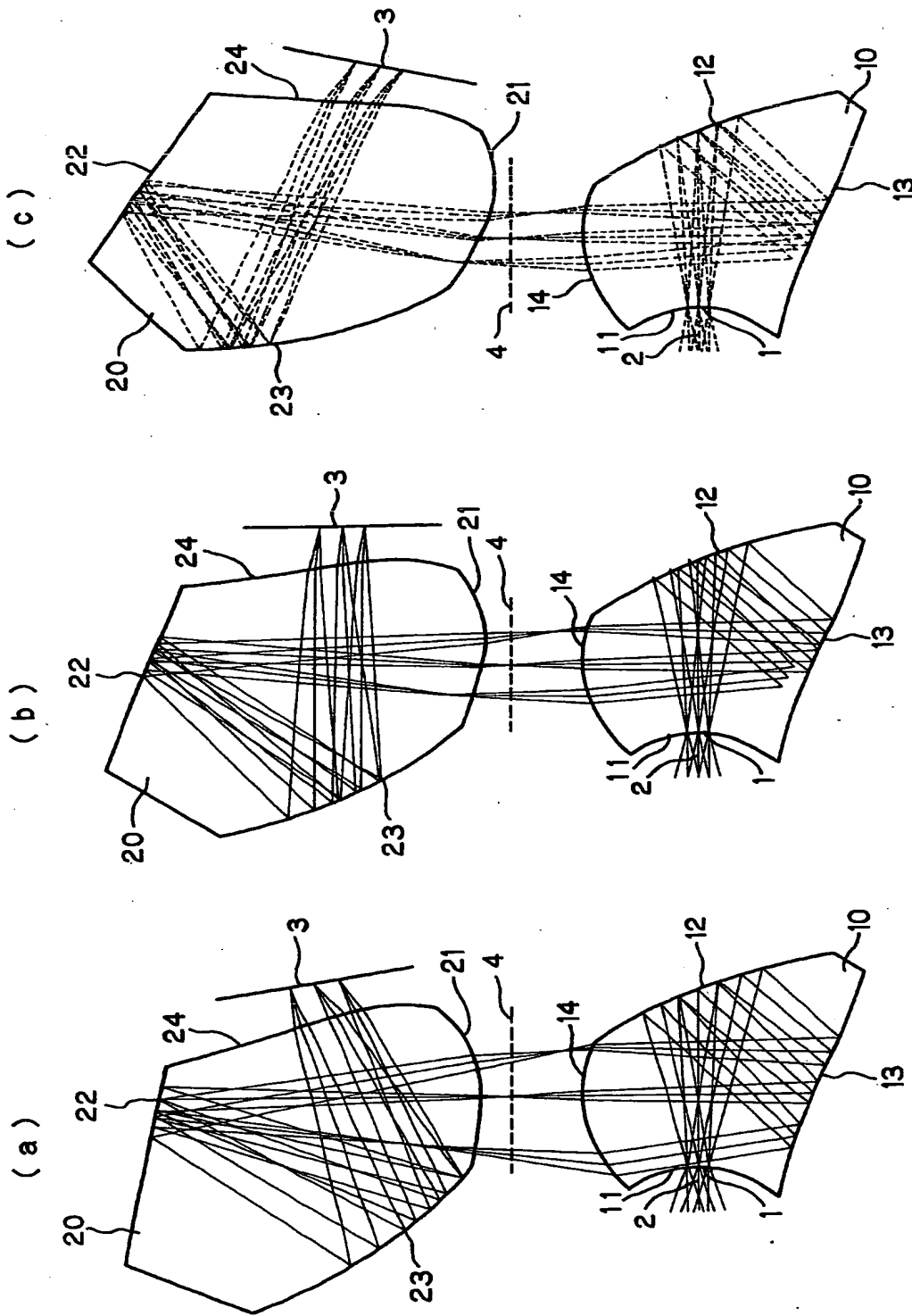
【図4】



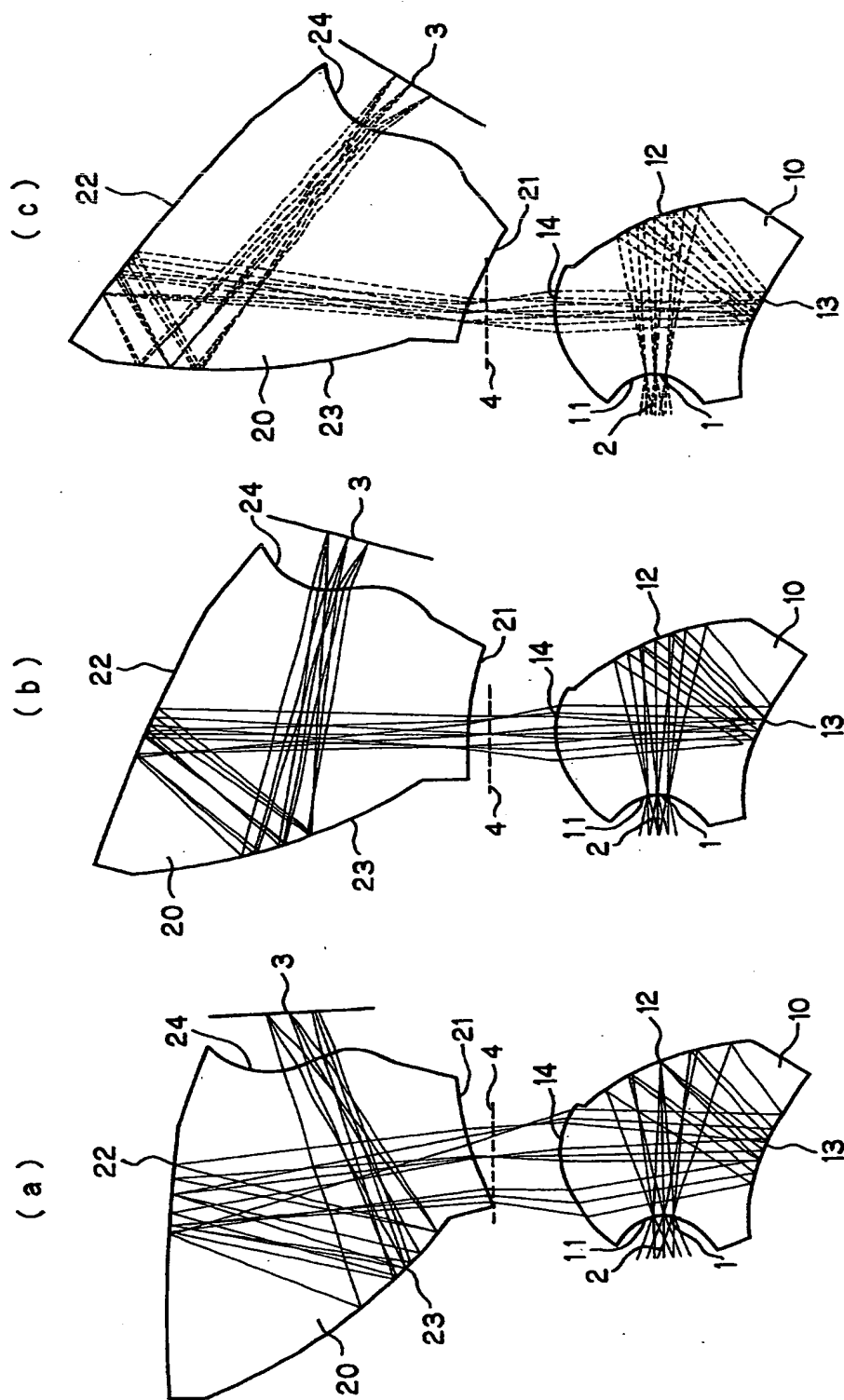
【図5】



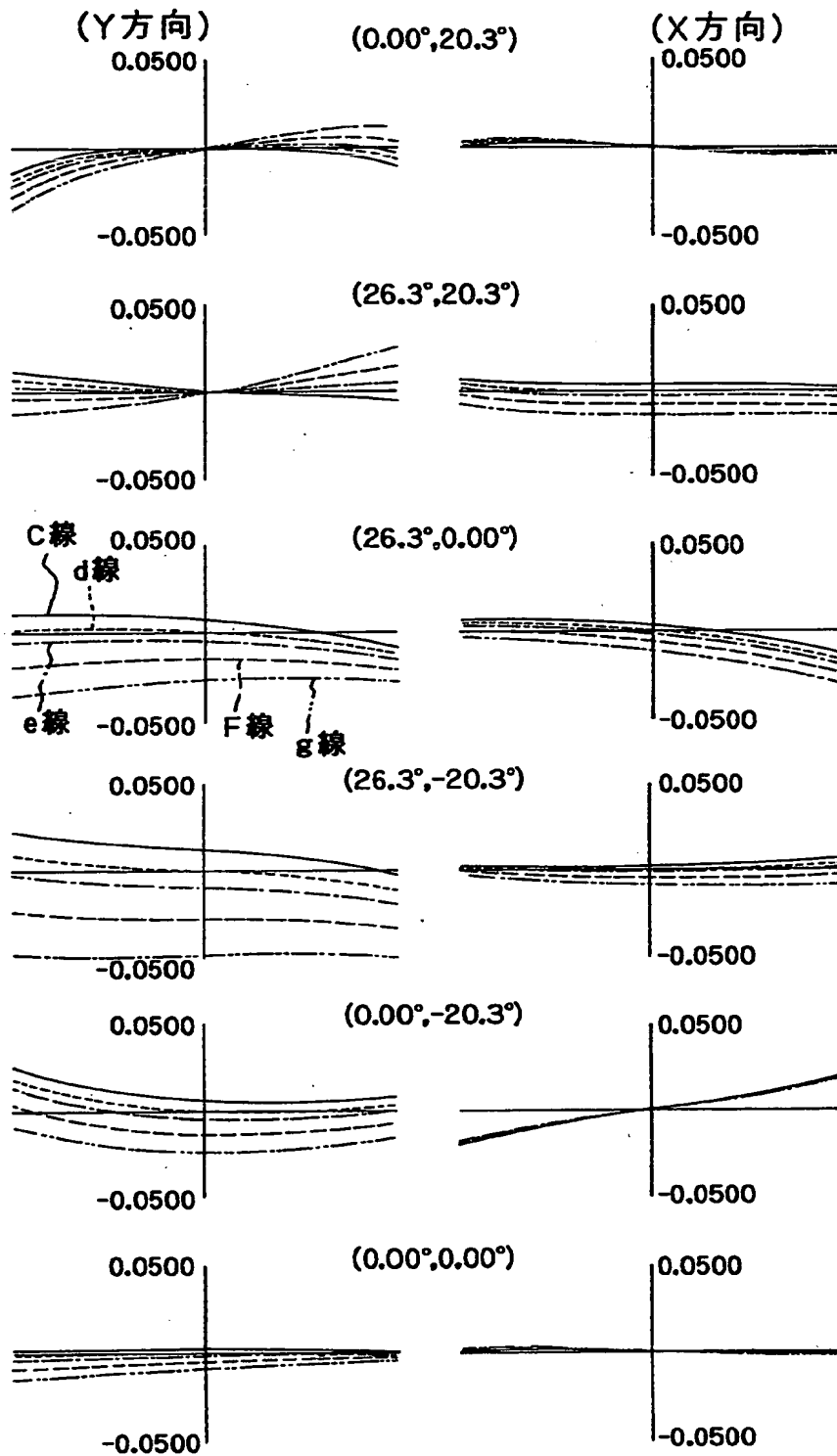
【図6】



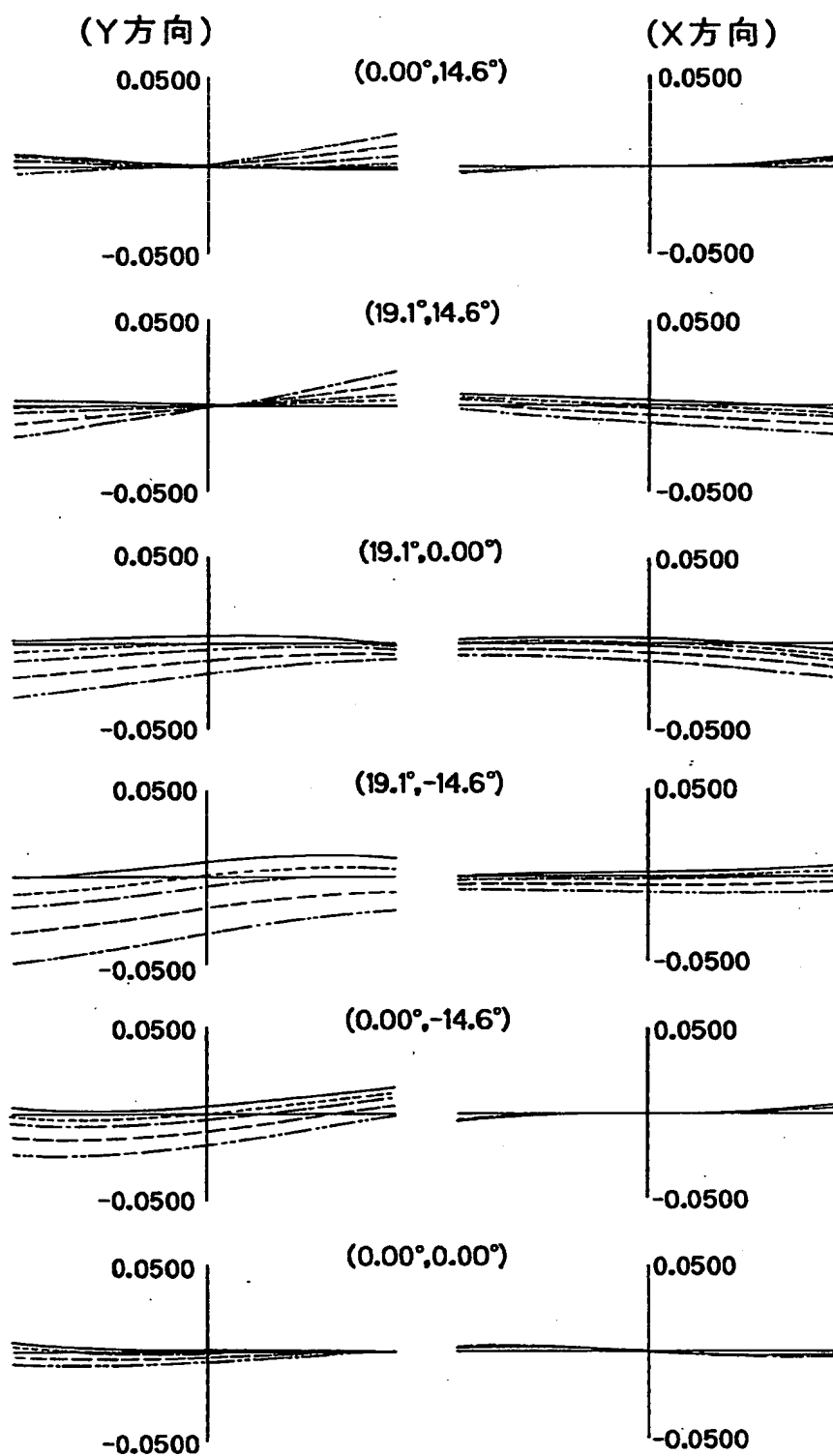
【図7】



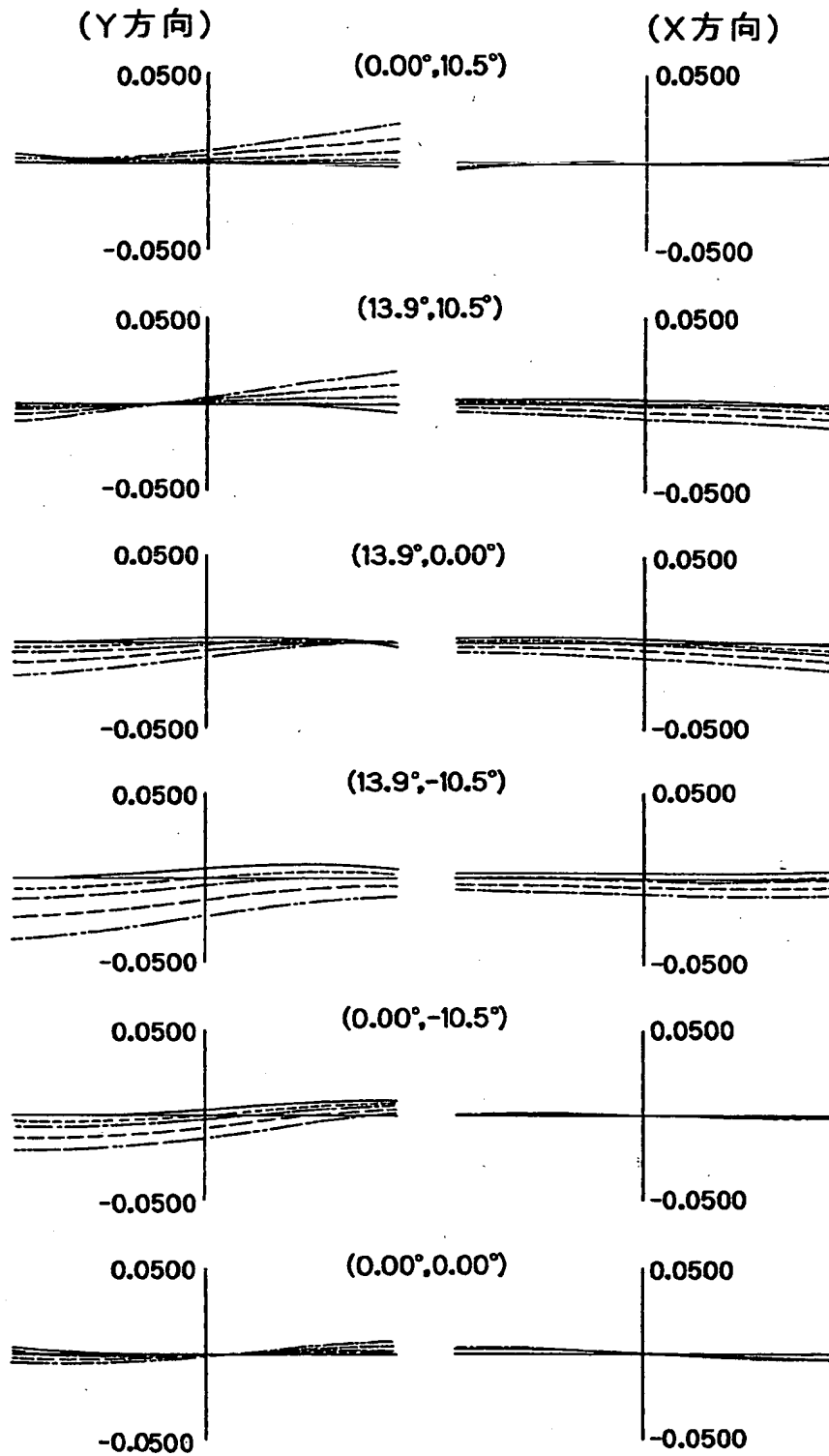
【図 8】



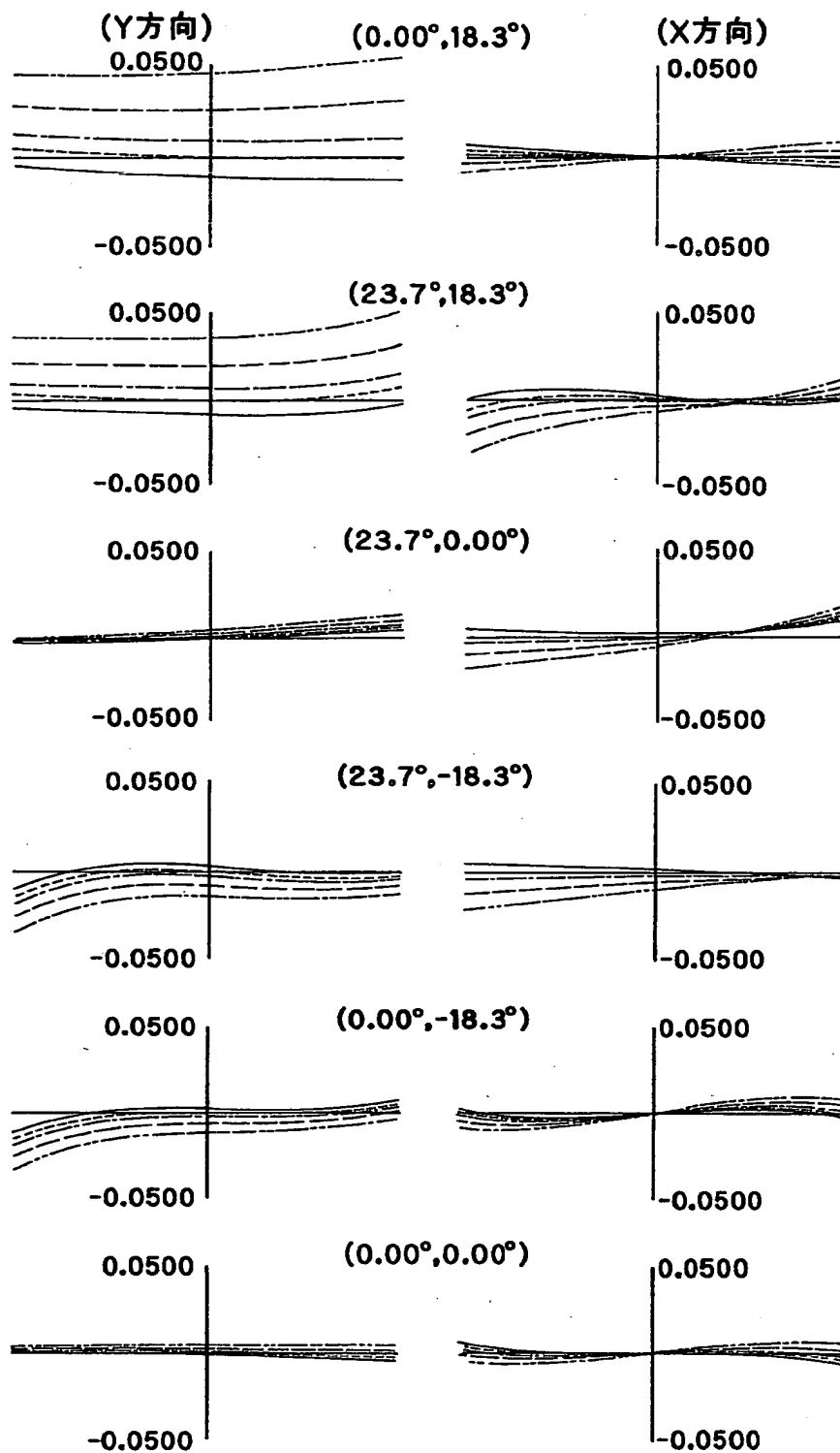
【图9】



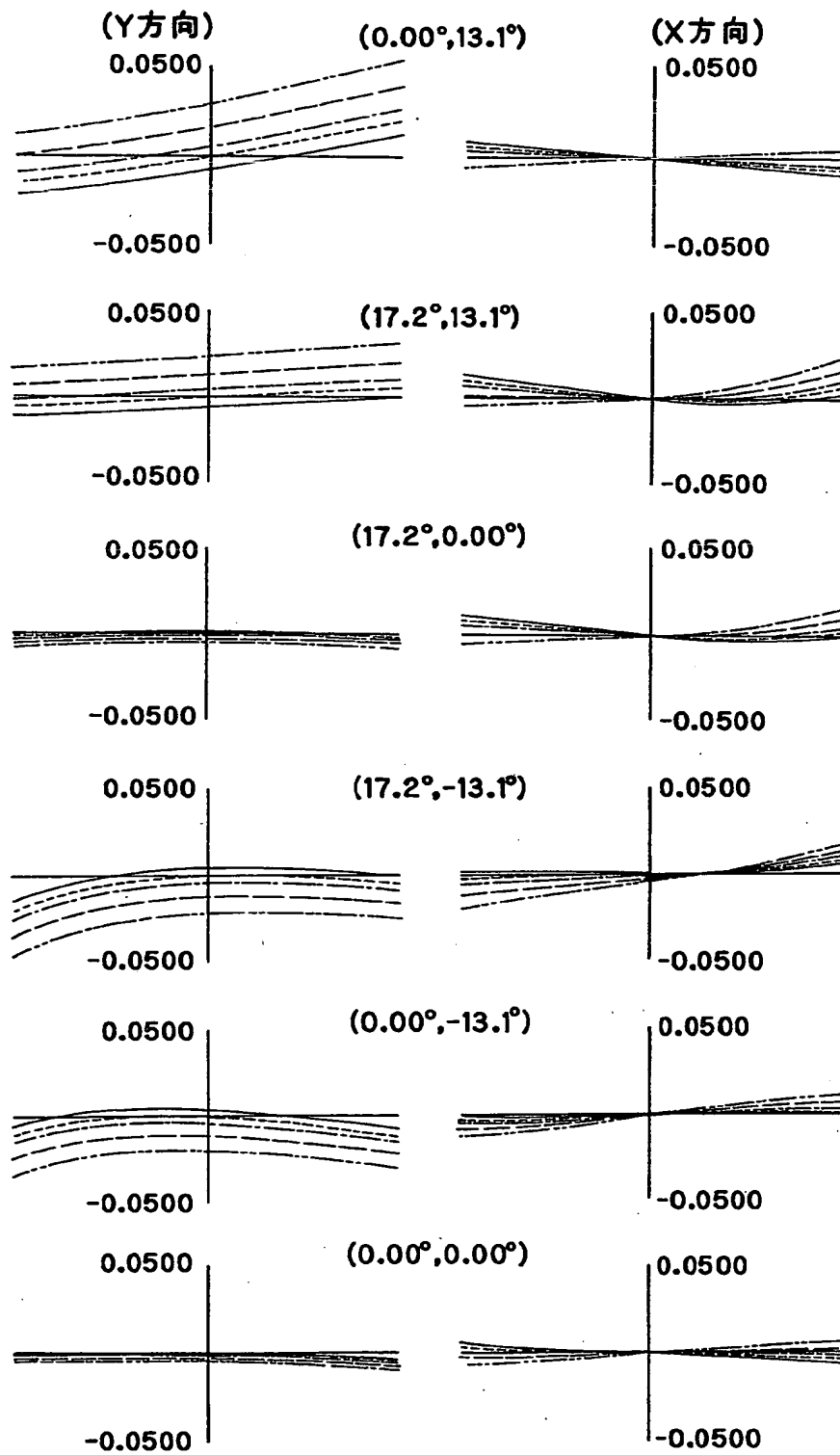
【図 1 0】



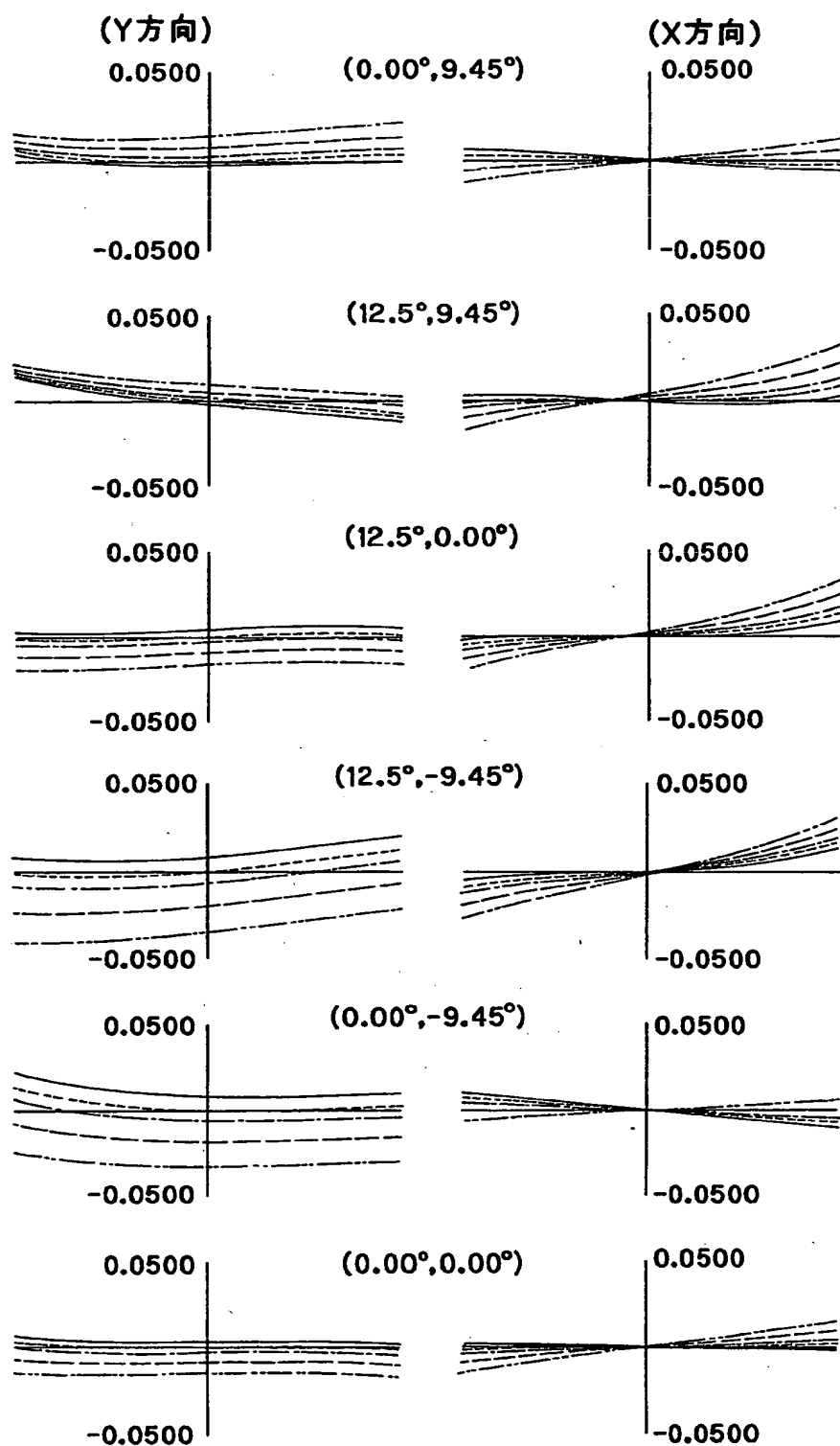
【図 1 1】



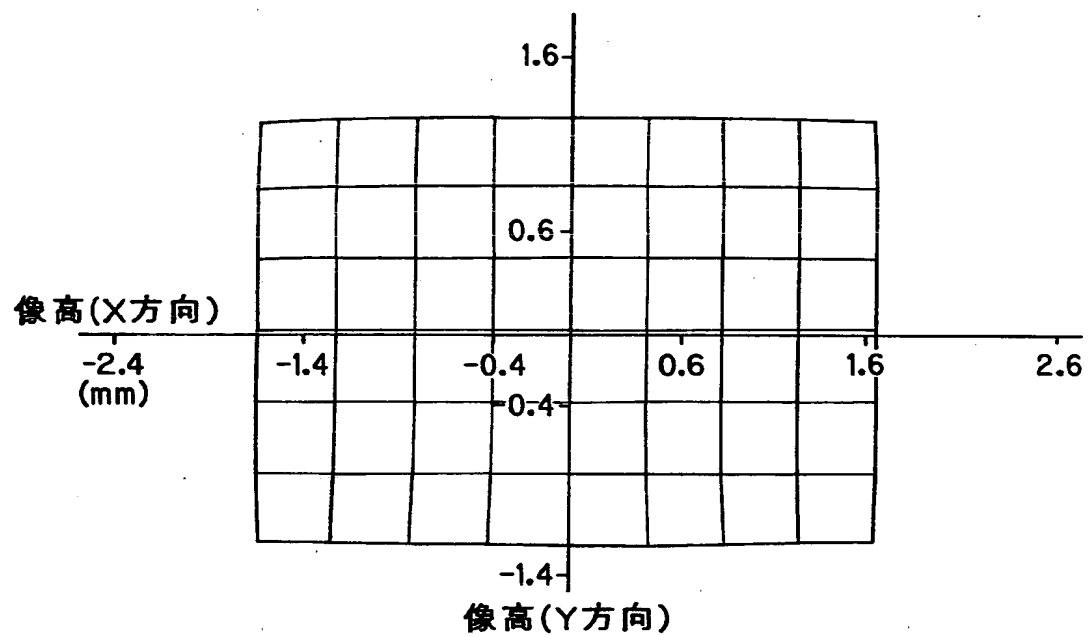
【図 12】



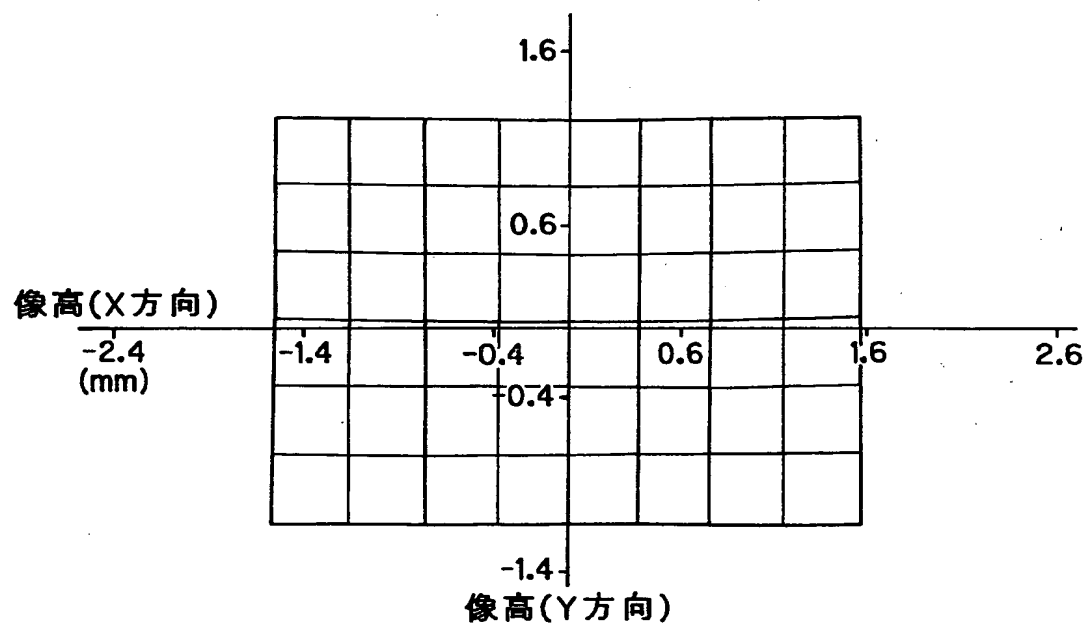
【図 1 3】



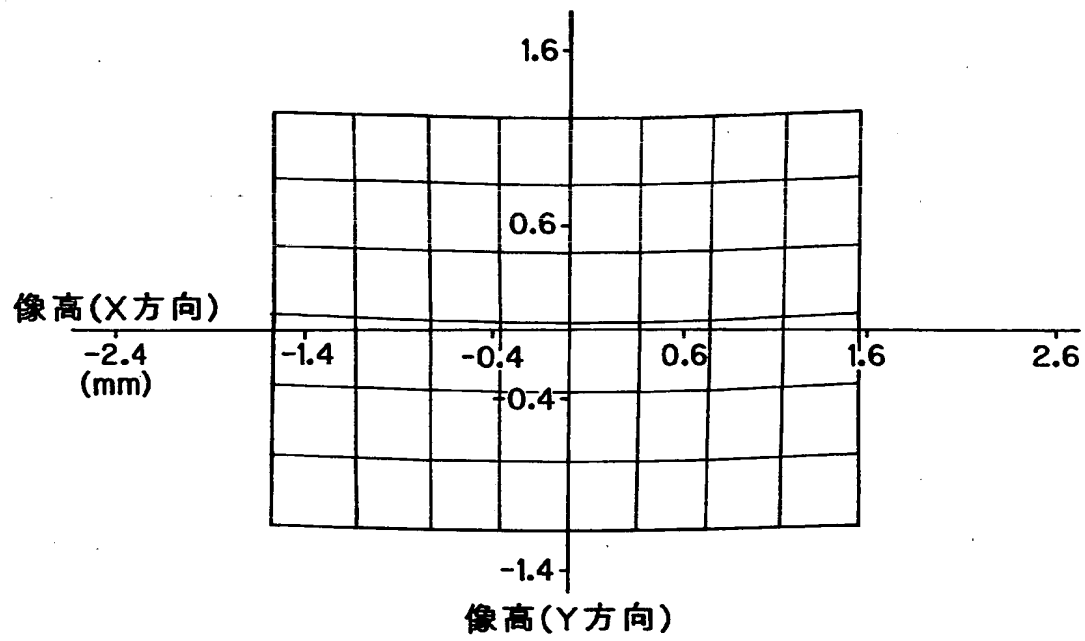
【図 1 4】



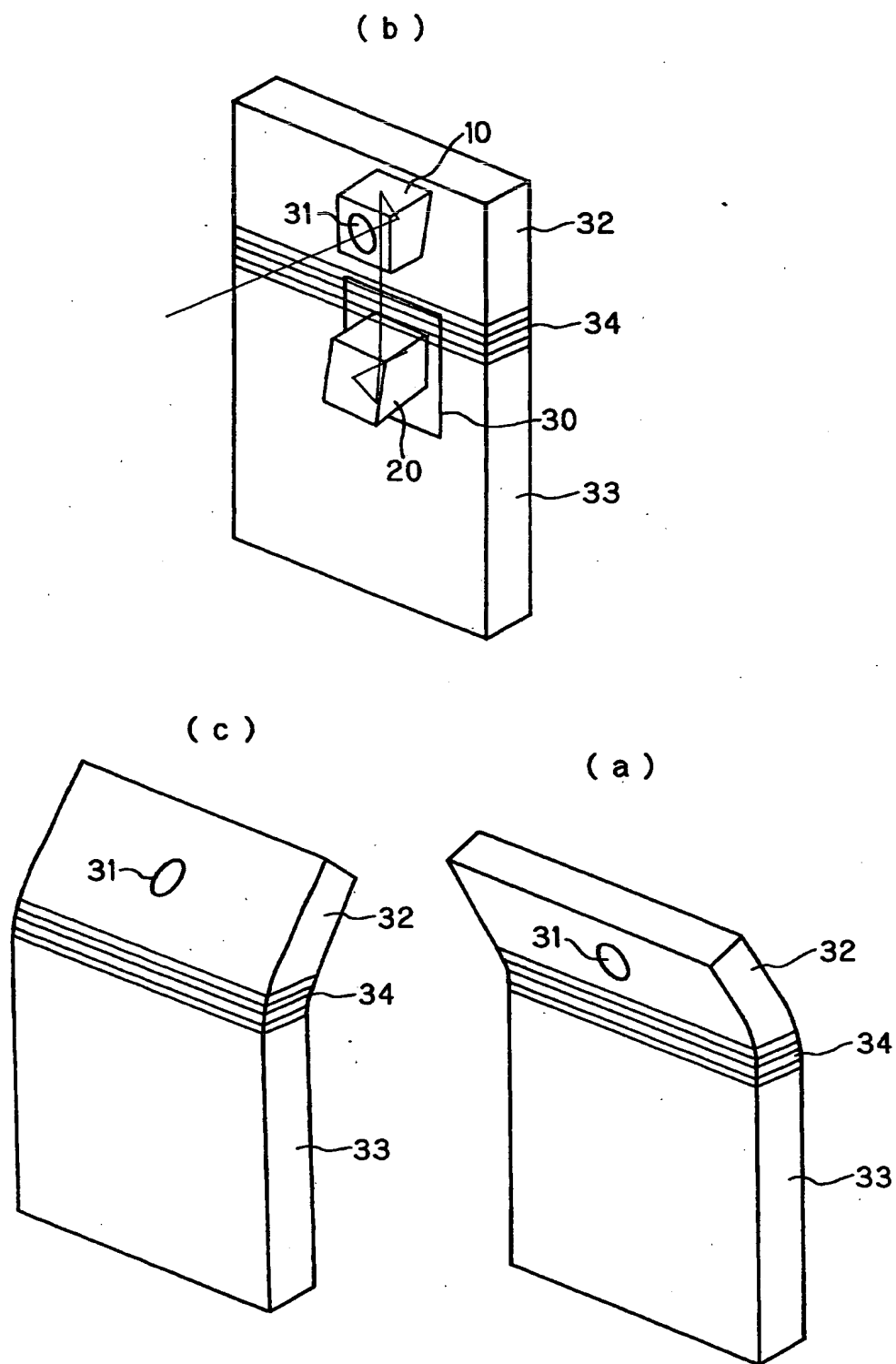
【図 1 5】



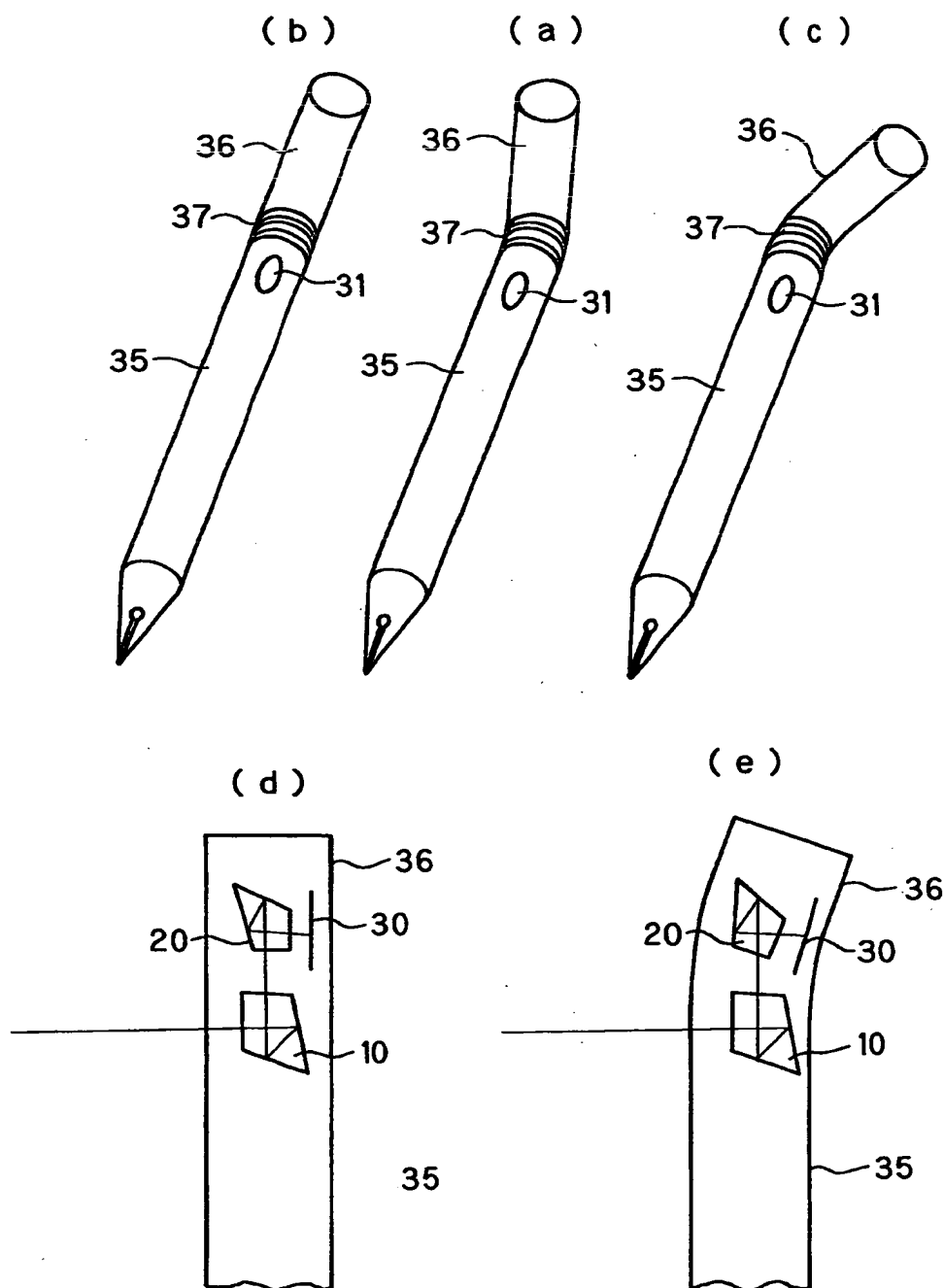
【図16】



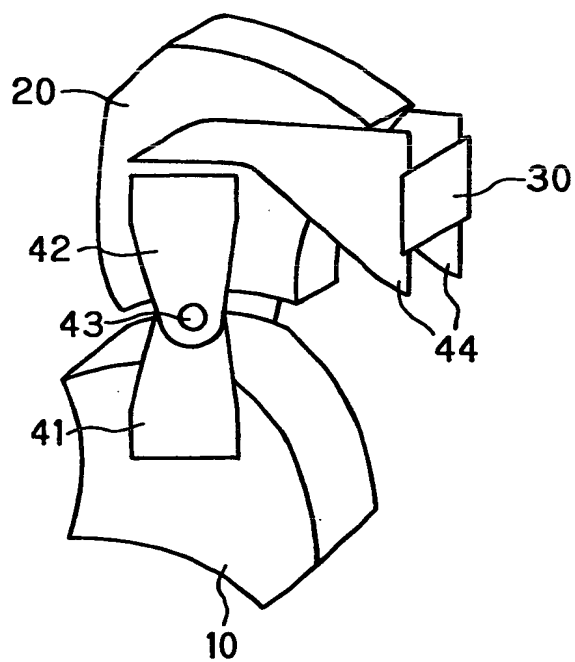
【図 17】



【図 18】



【図19】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光学系を曲げて光学系内を通過する光束を移動させることにより光学系の任意の部分を選択的に利用する、簡単な構成で、焦点距離の調整、結像位置の調整等を可能とした光学系。

【解決手段】 少なくとも2つの光学素子 S_1 、 S_2 から構成される結像光学系において、少なくとも2つの光学素子 S_1 、 S_2 を互いに偏心させることにより光学系の倍率等の特性を変化させる光学系。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000000376]

1. 変更年月日 1990年 8月20日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都渋谷区幡ヶ谷2丁目43番2号
氏 名 オリンパス光学工業株式会社